Pierre Duhem,
cent ans plus tard
(1916-2016)

UNIVERSITÉ DE TUNIS
FACULTÉ DES SCIENCES HUMAINES ET SOCIALES DE TUNIS
DÉPARTEMENT DE PHILOSOPHIE
UNITÉ DE RECHERCHE « PENSER LA RATIONALITÉ AUJOURD'HUI »

HMAID BEN AZIZA (DIR.)

Pierre Duhem, cent ans plus tard (1916-2016)

Actes de la journée d'étude internationale tenue à Tunis le 10 mars 2016, suivis de l'édition française de l'« Histoire de la physique » (1911) de Pierre Duhem

édités par
Jean-François Stoffel

avec la collaboration de
Souad Ben Ali

Tunis
Université de Tunis
2017

Présentation

Le présent volume est constitué, pour l'essentiel, par les actes de la journée d'étude internationale *Pierre Duhem, cent ans après (1916-2016)* orchestrée, à l'initiative de Souad Ben Ali et de Jean-François Stoffel, à l'occasion du premier centenaire de la mort du savant français. Organisée par l'Unité de recherche « Penser la rationalité aujourd'hui » du Département de philosophie de la Faculté des sciences humaines et sociales de l'Université de Tunis, cette journée d'étude s'est tenue, dans cette ville, le 10 mars 2016. Le programme était le suivant. Après une allocution du professeur Hmaid Ben Aziza, président de l'unité de recherche, et une présentation de la journée par le professeur Souad Ben Ali, les communications suivantes ont été présentées : Stefano Bordoni (Université de Bologna et Université d'Urbino), *De Cournot à Duhem : la naissance d'une tradition critique* ; Jean-François Stoffel (Haute école de Louvain-en-Hainaut et Faculté de théologie de la Compagnie de Jésus à Bruxelles), *Retour sur une œuvre controversée de Pierre Duhem : l'«Essai sur la notion de théorie physique de Platon à Galilée»* ; Jean Seidengart (Université Paris Ouest-Nanterre), *Duhem et les limites de son phénoménisme : la théorie physique peut-elle se contenter de sauver les phénomènes ?* ; Souad Ben Ali (Université de Kairouan), *Aux origines de l'épistémologie historique : un retour à la pensée de Pierre Duhem aujourd'hui est-il justifiable ?* Retenue par des problèmes familiaux en Italie, Mirella Fortino (Liceo scientifico « E. Fermi ») n'a pu présenter sa communication. Par une brève allocution, le professeur Jean-François Stoffel a clôturé ladite journée.

Outre la publication de ces communications, le présent volume comporte deux articles supplémentaires. Les organisateurs n'ayant pu, comme ils le souhaitaient, inviter le professeur Fábio Rodrigo Leite (Universidade de São Paulo), celui-ci leur a néanmoins fait le plaisir

de participer aux actes de ladite journée, à défaut de la journée elle-même. Enfin, parce qu'il ne suffit pas de se tourner vers le passé, en l'occurrence un premier centenaire d'études duhémiennes posthumes, mais qu'il faut aussi songer à l'avenir, les organisateurs ont tenu à donner la parole à un tout jeune étudiant français épris de Duhem, à savoir Lucas Roumengous.

Avant de commenter le savant dont le présent volume honore la mémoire, il faut d'abord, encore et toujours, le lire, le relire et par conséquent veiller à ce que ses écrits soient et restent les plus accessibles possibles. C'est animé par cette conviction que nous avons souhaité éditer, à partir du manuscrit conservé dans le fonds Duhem de l'Institut de France, le texte original français d'un de ses articles publiés en anglais, à savoir *Physics, history of* paru dans *The catholic encyclopedia* en 1911. Largement ignoré, même par les spécialistes, ce texte nous a en effet semblé digne d'être remis au devant de la scène, principalement en raison de l'étendue chronologique de la période qu'il couvre (de Ptolémée à Helmholtz) et de la perspective synthétique qui est la sienne. Nous remercions Stefano Bordoni d'avoir accepté de commenter ce texte.

* * *

Nous exprimons nos plus vifs remerciements au professeur Hmaid Ben Aziza pour son soutien tout au long de ce projet.

Souad Ben Ali
Jean-François Stoffel

Introduction

D'emblée, la contribution de S. Ben Ali pose, cent ans après la mort de Duhem, la question de l'actualité de sa pensée : dès lors, d'une part, que l'utilisation duhémienne de l'histoire des théories physiques fait passer son épistémologie d'une simple méthodologie à une véritable épistémologie historique et, d'autre part, que nous assistons à l'émergence d'un nouveau courant d'épistémologie historique, l'épistémologie du savant bordelais peut-elle, encore aujourd'hui, trouver une place au sein de ce récent courant ? Pour répondre à cette question, S. Ben Ali se livre principalement à une lecture de l'article duhémien consacré aux *Théories de la chaleur* (1895), afin de démontrer qu'il relève bel et bien de l'épistémologie historique et pas seulement d'une approche purement historique, ce qui lui permet de valider la première prémisse de son questionnement. À celui-ci, elle répond finalement positivement en arguant que l'épistémologie duhémienne est apte à jouer le rôle de fondement originel pour toutes les épistémologies ultérieures, dont celle, par conséquent, qui se trouve ici visée.

Si c'est seulement l'ordre alphabétique des auteurs qui a déterminé le classement des contributions de la première partie de ce volume, cet ordre s'avère particulièrement heureux en ce qu'il donne à lire le texte de St. Bordoni directement après celui de S. Ben Ali. L'un et l'autre abordent en effet la question de l'origine, dans les pays de langue française, de l'épistémologie historique et, par conséquent, celle de la place de Duhem au sein de ce courant, mais avec des thèses complémentaires, voire divergentes. Si, comme nous venons de le constater, S. Ben Ali se place dans le sillage d'A. Brenner en situant cette origine à la fin du XIXe siècle, en l'occurrence dans l'œuvre duhémienne, et non dans la décennie 1930, St. Bordoni, lui, remonte encore davantage dans le temps pour la situer dans les années 1860. Au lieu d'être classiquement considérée comme le point de départ d'une tradition postérieure,

l’œuvre duhémienne est alors appréhendée comme le point d’arrivée d’une tradition antérieure, jusqu’ici peu étudiée. St. Bordoni est assurément bien placé pour inaugurer ce programme de recherche, dont sa contribution présente une excellente formulation et quelques résultats, puisqu’il s’était déjà attaché à faire ressortir, dans ses travaux antérieurs, ce que la *physique* duhémienne devait aux savants qui l’avaient précédé. Poursuivant donc son enquête, il examine cette fois ce que la *philosophie scientifique* de Duhem doit à des philosophes et à des savants antérieurs tels que A. Comte, A. A. Cournot, Cl. Bernard, É. Boutroux et E. Naville. Se concentrant, chronologiquement, sur les publications duhémiennes des années 1892-1896 et, thématiquement, sur les origines des tendances aristotéliciennes et pascaliennes présentes dans ces publications — les premières tendances ayant permis à Duhem de prendre conscience de la complexité du monde physique et les secondes de la non moindre complexité de la démarche scientifique —, il met au jour l’existence d’une tradition *épistémologique* qui n’a probablement pas exercé une influence directe sur notre savant — celui-ci ne la mentionne pas, alors qu’il ne craint jamais de reconnaître explicitement la tradition *scientifique* dont il hérite —, mais dont il restait une trace sensible, bien que discrète, à l’époque où notre physicien se mit à élaborer sa propre philosophie de la science.

Fort de la prise de conscience, dont il vient d’être question, de la complexité aussi bien du monde physique que de la démarche scientifique et malgré des jugements parfois (volontairement) lapidaires et provocants auxquels il ne serait que trop aisé de restreindre la pensée duhémienne, Duhem a développé une doctrine dont tous les spécialistes reconnaissent aujourd’hui l’extrême degré de sophistication. C’est, nous semble-t-il, cette sophistication que M. Fortino entend particulièrement mettre en exergue en qualifiant l’épistémologie du savant bordelais de « rationalité ouverte », soit une rationalité qui, loin d’être soumise à une logique inflexible, est « toujours en chemin », émancipe la raison scientifique de tous les absolus, et se détourne de toute posture

absolutiste ou dogmatique — par exemple, l'essentialisme ou le réductionnisme. Particulièrement révélatrice des tendances contemporaines de l'historiographie duhémienne en ce qu'elle souligne l'engagement de notre savant en faveur de la défense du vrai et de sa recherche, sa contribution s'attache à dénoncer les lectures simplistes de la pensée duhémienne qui, en dehors du cercle restreint des spécialistes, ont eu cours et sont, parfois, encore de mise. Exit donc les étiquettes commodes — nominalisme, pragmatisme, instrumentalisme, conventionnalisme, scepticisme… — et les caractérisations faciles — impossibilité du falsificationnisme, rejet conservatoriste du progrès scientifique, renoncement à poursuivre (au moins asymptotiquement) l'adéquation des théories avec la réalité… !

En dépit de la modestie de son titre, la contribution de F. R. Leite présente le double intérêt d'être extrêmement réfléchie et de baser une bonne partie de son argumentation sur un ouvrage duhémien largement négligé par les spécialistes, à savoir *Le mouvement absolu et le mouvement relatif* (1909). En faisant « comme si » Duhem était réaliste, F. R. Leite cherche à préciser la nature de ce réalisme. Trois possibilités s'offrent à lui : le réalisme traditionnel et deux versions mitigées de celui-ci et antagonistes entre elles, à savoir le réalisme des entités et le réalisme structurel. Constatant que c'est souvent à ce dernier que les philosophes des sciences se réfèrent pour qualifier le réalisme de Duhem, F. R. Leite entend contester cette identification. Tout en reconnaissant qu'il y a, dans les textes de notre savant, des arguments favorables à chacune des deux formes de réalisme mitigé, il soutient — grâce notamment à une analyse de la notion d'espace absolu telle qu'elle se révèle dans *Le mouvement absolu et le mouvement relatif* —, dans un premier temps, le réalisme des entités, mais à seule fin de disqualifier le réalisme structurel, pour ensuite, dans un second temps et au terme d'un raisonnement global qu'on devine serré, refuser de se ranger sous la bannière d'une telle étiquette, dans la mesure où le réalisme des entités qu'il a pu discerner chez Duhem ne s'impose pas directement, mais résulte d'un réalisme de théories.

Y a-t-il, dans la pensée duhémienne, un démarcationnisme *strict* entre physique et métaphysique, c'est-à-dire une séparation nette et étanche entre ces deux disciplines ? Craignant que l'ouvrage de J.-Fr. Stoffel, à savoir *Le phénoménalisme problématique de Pierre Duhem*, puisse le laisser croire, L. Roumengous reprend cette question, au sein d'une contribution engagée, en s'appuyant principalement sur l'article *Physique de croyant* (1905). Rappelant utilement que le phénoménalisme relève de la méthode physique tandis que la doctrine de la classification naturelle relève explicitement de la méthode métaphysique, il établit entre les deux une continuité — dépourvue de toute nécessité logique, afin de ne pas entraver l'indispensable autonomie de la méthode physique —, avant de rappeler que la classification naturelle elle-même se prolonge, par le biais du recours à la notion d'analogie, en une certaine cosmologie, en l'occurrence la cosmologie aristotélicienne. De la mise en évidence de cette continuité entre la physique proprement dite, la classification naturelle et finalement une cosmologie particulière, il résulte que Duhem, par son phénoménalisme, ne s'est pas limité à préserver un espace à la métaphysique, mais qu'il a lui-même investi cet espace en y installant un aspect particulier de sa pensée ; que sa pensée comporte — peut-être à son insu et, en tout cas, à l'insu de son commentateur belge — une apologétique de nature métaphysique, puisqu'aussi bien la doctrine de la classification naturelle que le continuisme historique (qui lui est intrinsèquement lié) présupposent l'action d'une Providence ; que l'interprétation de J.-Fr. Stoffel est partielle en ce qu'elle insiste trop sur la distinction duhémienne entre physique et métaphysique sans suffisamment donner à comprendre qu'une entente réellement positive entre les deux était, pour Duhem, possible ; et enfin que cette continuité est susceptible de constituer un argument en faveur du (néo)thomisme de Duhem.

La question de la portée des théories physiques (phénoménaliste ou réaliste ?) et celle, connexe, des rapports entre la physique et la métaphysique est, assez naturellement, présente dans la plupart des contri-

butions de ce volume, car, comme le rappelle J. Seidengart, elle constitua l'un des défis majeurs de Duhem. Toujours soucieux de respecter la complexité de la démarche scientifique, celui-ci, loin de se résoudre à opérer un choix exclusif entre ces deux postures traditionnelles, prit le risque de tenter de les combiner au profit d'une position plus équilibrée : combattre le dogmatisme, par un phénoménalisme fondé épistémologiquement, sans pour autant verser dans le scepticisme, grâce à une conviction réaliste basée sur la considération de l'histoire. En raison de la complexité de cette posture, pouvant aujourd'hui passer pour une contradiction réelle ou seulement apparente alors qu'elle a été longtemps tout simplement ignorée, il était inévitable que cette question retienne — encore et toujours — l'attention des commentateurs de ce volume. St. Bordoni replace le concept duhémien de classification naturelle dans une histoire jalonnée par les noms d'A. Comte, A. A. Cournot et É. Boutroux ; F. R. Leite — nous l'avons déjà dit — cherche à préciser la nature du réalisme duhémien et récuse aussi bien le réalisme structurel que le réalisme des entités pour soutenir que le savant bordelais relève du réalisme traditionnel ; L. Roumengous aborde la question par le versant des rapports entre physique et métaphysique et situe le concept métaphysique de classification naturelle dans le prolongement, normal mais non requis, du phénoménalisme scientifique ; enfin, J.-Fr. Stoffel s'interroge sur le maintien de la revendication phénoménaliste de Duhem dans son *Essai sur la notion de théorie physique* et sur les conséquences de ce maintien. Aussi la contribution de J. Seidengart est-elle particulièrement bienvenue dans la mesure où elle offre une synthèse, remarquable de clarté et de complétude, de tout ce qu'il est bon de connaître avant d'entrer plus avant dans cette délicate question. À n'en pas douter, beaucoup de lecteurs commenceront, au sein de ce volume, leur itinéraire par cette contribution.

Pour mieux défendre l'existence d'une certaine dose de réalisme dans la pensée duhémienne, peut-on amoindrir son phénoménalisme en le rendant de moins en moins important au fil de ses publications, ou

bien faut-il maintenir et l'importance et la permanence de son phénoménalisme quitte à devoir ensuite affronter la difficulté — qu'il faut *poser*, mais peut-être pas *vouloir* résoudre, nous dit F. R. Leite — de la conciliation de ce phénoménalisme maintenu avec ce réalisme apparu plus tardivement ? Telle est la question, mettant en jeu la stabilité du projet duhémien et le degré de complexité de sa pensée, qui semble départager R. Maiocchi et J.-Fr. Stoffel. Alors que tous les deux se rejoignent dans l'affirmation fondamentale de l'existence d'un tel réalisme duhémien, le premier en vient à relativiser son phénoménalisme, en soutenant que l'*Essai sur la notion de théorie physique de Platon à Galilée* (1908) ne vise qu'à présenter une interprétation apologétique de l'affaire Galilée, quand le second, sans rejeter cette motivation, entend maintenir l'interprétation classique — qu'il formule cependant plus précisément — selon laquelle cet ouvrage cherche d'abord et avant tout à justifier historiquement le phénoménalisme duhémien. Examinant, dans sa contribution, les arguments du commentateur italien avec toute l'attention qu'ils méritent, J.-Fr. Stoffel énonce explicitement la difficulté qui résulte du maintien nécessaire de ces deux objectifs et souligne leur intime imbrication. Il résulte de celle-ci qu'un commentateur ne peut plus opter pour un des deux objectifs au détriment de l'autre. Par conséquent, l'*Essai sur la notion de théorie physique*, sans cesser d'être contestable et contesté, retrouve toute sa place dans l'économie de la pensée duhémienne.

* * *

Entre ces différentes contributions, chaque lecteur pourra évidemment tracer l'itinéraire qui lui convient. Si aucun parcours n'a été spécifiquement prévu — les organisateurs ont laissé carte blanche aux orateurs et aux contributeurs dans le choix du thème qu'ils souhaitaient aborder —, le contenu de ce volume manifeste la récurrence significative d'un certain nombre de thèmes. Nous avons déjà signalé ceux, intimement liés, de la portée de la théorie physique et de l'articulation de la physique et de la métaphysique. Parmi les principaux, il convient

également de mentionner, pêle-mêle, le continuisme historique, l'influence pascalienne et la complexité stimulante de la pensée duhémienne : il n'est guère, voire pas du tout, de contribution qui, de près ou de loin, n'évoque chacune de ces trois thématiques. C'est assurément en raison de cette complexité délibérément voulue pour avoir plus de chance de refléter adéquatement la complexité du monde naturel et celle de l'entreprise scientifique que Duhem, cent après sa mort, continue à être lu et discuté.

Jean-François Stoffel

Aux origines de l'épistémologie historique : un retour à Pierre Duhem est-il justifiable ?

Souad BEN ALI[1]

Faculté des lettres et des sciences humaines de Kairouan

Résumé. — Devant la vague de retour à l'histoire des sciences et l'émergence d'un nouveau courant d'épistémologie historique est-il possible de trouver une place, au sein de ce nouveau courant, pour l'épistémologie de Pierre Duhem ? Pour lui, l'épistémologie est une « simple analyse logique de la méthode par laquelle progresse la science ». Pourtant l'exploitation qu'il a fait de l'histoire des théories physiques permet de qualifier son épistémologie comme étant davantage qu'une simple méthodologie. Elle est une épistémologie historique née au sein d'une crise de la science. Loin d'être absolue, la démarcation entre le scientifique, l'historique et le méthodologique est, chez lui, presqu'artificielle : comme en témoignent certains de ses ouvrages, il y a toujours des interactions, voire des compromis, entre le scientifique, l'historien des sciences et le philosophe. L'histoire des sciences se transforme en la recherche des concepts et des « catégories » qui caractérisent les différentes conceptions de la science.

Abstract. — Upon the rising tide of the resurgence of the history of science and the emergence of a new wave of historical epistemology, would it be possible to find a place for the epistemology of Pierre Duhem? According to him, epistemology is a "simple logical analysis of the method by which science progresses". Nonetheless, his thorough investigation into the history of physical theory, should allow his epistemology to qualify as more than just a simple methodology. It is a legitimate historical epistemology, having arisen from the heart of a scientific crisis. The boundaries between the scientific, the historical and the methodological

1. Courriel : Souad_ben_ali@yahoo.com

BEN ALI (Souad), ***Aux origines de l'épistémologie historique : un retour à Pierre Duhem est-il possible ?*****, dans** ***Pierre Duhem, cent ans plus tard (1916-2016) : actes de la journée d'étude internationale tenue à Tunis le 10 mars 2016, suivis de l'édition française de l'« Histoire de la physique » (1911) de Pierre Duhem*** **/ édités par Jean-François STOFFEL avec la collaboration de Souad BEN ALI. – Tunis : Université de Tunis, 2017. – pp. 15-57.**

are far from being absolute, and when it comes to him they are almost non-existent. As evidenced by several of his works, there is always an interaction, and often even a compromise, between the scientist, the science historian and the philosopher. The history of science is transformed into the search for those ideas and "categories" which best characterise the various scientific notions.

Introduction

De nombreuses voix de scientifiques et de philosophes s'élèvent, aujourd'hui encore, pour réclamer la nécessité de généraliser l'enseignement de l'histoire des sciences et de l'épistémologie à toutes les filières de l'enseignement. Tel était le vœu de Duhem quand, en 1906, il insista sur l'importance de la méthode historique et de l'histoire des sciences au sein de l'enseignement. N'a-t-il pas écrit, alors, que « la méthode légitime, sûre et féconde pour préparer un esprit à recevoir une hypothèse de physique, c'est la méthode historique »[2] ? En effet, l'épistémologie et l'histoire des sciences, quoique spécifiques et distinctes l'une de l'autre[3], sont aujourd'hui deux disciplines unies par leur objet : la science. Le désaccord des penseurs à propos de leurs origines pouvait être surmonté par le retour aux textes publiés au XIXe siècle, qui témoignent de l'apparition simultanée de ces deux disciplines. Après les études historiques de la science de William Whewell (1794-1866), l'histoire des sciences se voit enrichie par les écrits de Paul Tannery (1843-1904) et de Pierre Duhem (1861-1916). Les deux disciplines se croisent chez ce dernier pour faire une source double quant à leurs origines. Ainsi s'établit une tradition qui sera accueillie par les penseurs du XIXe siècle tels qu'Abel Rey (1873-1940) ou Émile Meyerson (1859-1933) et qui sera transmise à leurs disciples, notamment Gaston Bachelard (1884-1962) et Alexandre Koyré (1892-1964). La seconde moitié du siècle indiqué semble d'une fécondité incompa-

2. P. DUHEM, *La théorie physique*, p. 366.
3. Cf. R. BLANCHÉ, *L'épistémologie*.

rable non seulement du point de vue du nombre de savants et de philosophes, de productions et d'inventions scientifiques, mais aussi pour l'intensité des débats[4] et des vives querelles qui alimentent généreusement les publications.

Ce qui caractérise les écrits de Duhem par rapport à ceux des penseurs de l'époque, c'est, d'un côté, leur mosaïque cognitive qui présente la totalité de la physique de l'époque avec une habilité remarquable, et, d'un autre côté, la maîtrise profonde de leur auteur de l'histoire des différentes théories de cette science paradigmatique de l'époque. Ces caractéristiques, qui font de son œuvre une source d'investigations pour les différentes recherches postérieures, seront le point de départ de la thèse que nous essaierons de développer dans ce travail : l'exploitation que Duhem a fait de l'histoire des théories physiques remanie son épistémologie de la simple méthodologie à la véritable épistémologie historique. L'épistémologie est inséparable de l'histoire des sciences malgré la classification faite par le penseur lui-même.

En partant de l'indissociabilité de l'histoire des sciences et de l'épistémologie dans la pensée de Duhem, nous montrerons que cette idée est actualisée à travers le retour à l'épistémologie historique. Nous es-

4. Les débats de l'époque touchent plusieurs questions et thèmes, mais nous nous bornons ici à en citer quelques-uns : certains concernent un retour historique aux origines de la science, comme dans les textes de P. Tannery sur *L'histoire de l'astronomie ancienne* (1893), de Gaston Milhaud sur *Les origines de la science grecque* (1893) et sur *Les philosophes géomètres avant Platon et ses précurseurs* (1900). D'autres concernent des discussions à propos de la question des fondements des mathématiques et de la logique, par exemple *Essais sur les conditions et les certitudes logique* (1894), *Le rationnel : étude complémentaire sur la certitude de la logique* (1898) de Milhaud également. Ajoutons à cela les débats publiés dans les revues de l'époque, telle que la *Revue de métaphysique et de morale* qui, inaugurée en 1893, fait de la promotion des débats concernant les relations entre la philosophie et les sciences l'un de ses principaux objectifs. Les débats entre Poincaré, Le Roy et Russell en témoignent. Ce sont ces querelles qui seront présentées dans des ouvrages tels que *La science et l'hypothèse* de Poincaré ou *Le rationnel* de Milhaud.

sayerons, ensuite, d'exposer les premières définitions données à l'expression « épistémologie historique » ; puis, nous déterminerons le sens que nous pouvons assigner à cette expression chez Duhem ; et enfin, nous vérifierons de quelle manière cette expression continue à alimenter les concepts actuellement.

I. Épistémologie et histoire des sciences sont indissociables

1. L'initiative duhémienne

En 1913, Duhem annonça, dans son rapport scientifique à propos de son œuvre[5], que celle-ci contient trois volets : un volet scientifique, un volet historique et enfin un volet méthodologique. Cette répartition est purement méthodologique. Or, nous pouvons toujours voir dans l'œuvre une bifurcation entre les trois volets. La démarcation entre le scientifique, l'historique et le méthodologique n'est pas totale : elle est presqu'artificielle[6]. À l'intérieur du scientifique qui étudie objectivement les phénomènes, il y a toujours l'historien qui maîtrise l'histoire de chaque loi, de chaque concept et de chaque théorie à laquelle il fait appel. Derrière l'historien des sciences, nous pouvons reconnaître le savant habile qui possède et maîtrise la connaissance scientifique et comprend ainsi parfaitement son langage afin de traduire le langage scientifique de l'époque étudiée. Quant au philosophe, il côtoie le savant et l'historien conjointement afin qu'il puisse réfléchir sur les idées, les concepts, les théories rencontrées. De ce point de vue, les écrits de Pierre Duhem semblent être un carrefour cognitif qui réunit les questions et les soucis intellectuels de l'époque. C'est cette spécifi-

---

5. P. DUHEM, *Notice sur les titres et travaux scientifiques de Pierre Duhem*.
6. Plusieurs commentateurs ont insisté sur l'unité de l'œuvre duhémienne. Le premier d'entre-eux est R. MAIOCCHI, *Chimica e filosofia, scienza, epistemologia, storia e religione nell'opera di Pierre Duhem*.

cité même qui nous conduit aujourd'hui, à l'occasion du premier centenaire de sa mort, à reprendre la réflexion à propos de ses idées pour déterminer s'il y existe certains éléments qui peuvent actualiser un héritage immense qui a servi de source pour les penseurs au cours des années[7].

2. Retour actuel à l'épistémologie historique

Il est remarquable qu'au cours de ces dernières années, on assiste à un regain d'intérêt envers l'histoire des sciences et, notamment, à l'égard de l'épistémologie historique. Les recherches en épistémologie historique sont considérées aujourd'hui comme la marque déposée du *Max Planck Institut* en Allemagne. Des noms comme ceux de Mach, de Poincaré, de Duhem, de Le Roy, de Pierre Hadot, de Hadamard, de Meyerson et de plusieurs autres penseurs de la deuxième moitié du XIXe siècle sont de retour dans les débats épistémologiques[8]. Ce retour est à la fois étonnant et familier. Étonnant, car ceux qui l'engagent appartiennent, par leurs héritages cognitifs, au courant opposé à l'épistémologie dite historique : ils sont davantage les héritiers de Carnap, de Schlick, de Reichenbach, de Tarski et de tout l'empirisme logique. Or, ceux-ci ont toujours refusé de reconnaître en l'histoire une méthode ou une source d'informations ou d'analyses pour l'épistémologie. Mais il est également familier, parce qu'il nous rappelle un fait semblable qui a déjà été accompli par Thomas Kuhn, Imre Lakatos, Paul Feyerabend et tous les partisans du courant historique américain des années

7. Le point de départ du projet d'Alexandre Koyré en histoire de la pensée scientifique est la critique de la thèse duhémienne de l'histoire des sciences. Les écrits historiques de Duhem étaient l'une des sources fécondes non seulement pour sa critique, mais aussi pour en retirer les éléments d'analyse de sa thèse historique. Voir par exemple ses *Études galiléennes*.
8. Ce retour est remarquable notamment dans de nombreuses revues d'histoire des sciences américaines, comme par exemple la revue *Studies in History and Philosophy of Science.*

soixante et soixante-dix. Pour certains de ces penseurs, Duhem était une référence[9].

Or, que trouvons-nous en feuilletant un livre de cette nouvelle épistémologie dite historique ? Prenons par exemple celui de Lorraine Daston et de Peter Galison intitulé *Objectivité*. Comme l'indique le titre, il s'agit d'une étude historique de l'objectivité scientifique depuis les origines de la science jusqu'au XIXe siècle durant laquelle l'objectivité devient la marque qui « implique la suppression d'un aspect du moi »[10]. L'ouvrage présente une histoire de l'élaboration de l'objectivité à travers la fabrication d'images scientifiques. Les auteurs choisissent les « atlas » afin de révéler « l'évolution des normes qui gouvernent la bonne manière de voir et de représenter les objets de travail de la science »[11]. Il s'agit donc bien d'un travail conceptuel historique : une recherche généalogique qui poursuit la genèse et l'évolution des concepts jusqu'à leur rejet. En effet, ce genre de travail nous semble déjà présent chez Duhem, quoique les auteurs de ce livre, qui citent beaucoup de contemporains de Duhem tels qu'Henri Poincaré, Ernest Mach, Édouard Le Roy ou Jacques Hadamard, ne reconnaissent pas Duhem. Pourtant, celui-ci n'a-t-il pas défendu l'objectivité de la science dans sa *Théorie physique* ? N'a-t-il pas annoncé que son « système de Physique (est) soumis aux exigences les plus rigoureuse de la méthode positive »[12] ? N'a-t-il pas inspiré ses contemporains (Meyerson, Abel Rey, Gaston Milhaud, Lachelier et Couturat) qui seront une source pour tout le courant épistémologique dit historique[13] ?

Ce qui nous retient dans ces nouvelles études en épistémologie historique, ce n'est pas la référence à tel ou tel penseur, mais plutôt la

---

9. Notamment I. LAKATOS, *Histoire et méthodes des sciences*.
10. L. DASTON – P. GALISON, *Objectivité*, p. 48.
11. L. DASTON – P. GALISON, *Objectivité*, p. 63.
12. P. DUHEM, *Physique de croyant*, p. 375.
13. C'est un courant initié par Gaston Bachelard (comme le notait Canguilhem), travaillé par Alexandre Koyré, mais qui trouve ses origines chez Meyerson, Abel Rey, Gaston Milhaud et qui sera continué par Canguilhem, Cavaillès et Foucault.

manière dont ce courant exploite l'histoire des sciences pour édifier ses nouvelles recherches épistémologico-historiques. Car, en plus de l'intérêt qu'il accorde à l'étude de l'évolution des concepts, il s'agit de saisir le sens de l'évolution d'une manière très proche de celui que nous rencontrons chez Duhem. En effet, l'apparition de « l'objectivité », selon Daston et Galison, ne fut ni brutale ni rapide. L'émergence du régime de « l'objectivité » scientifique s'étend au long de la constitution du paradigme scientifique qui est ici le paradigme newtonien. En plus, le passage d'un régime à l'autre n'est ni brusque ni rapide. Il surgit de manière sporadique et se transforme en mouvement tout au long de l'histoire. Or, la continuité de la transformation jusqu'au changement complet est, chez Duhem, le critère de l'évolution des concepts, comme nous allons voir par la suite.

II. Premières définitions de l'expression « épistémologie historique »

1. Invalidation des notions de l'épistémologie antérieure

Pour les adeptes de l'épistémologie historique, la philosophie des sciences doit s'appuyer sur l'histoire des sciences. C'est ainsi que les philosophes des sciences français ont commencé, depuis Comte et Ampère, à recourir à la méthode historique. La définition du concept d'« épistémologie historique » est formulée pour la première fois par Bachelard[14], avant que l'expression ne soit reprise par George Canguilhem, en 1968, pour caractériser l'épistémologie bachelardienne[15]. Mais c'est l'étude effectuée par Dominique Lecourt, vers la fin des années soixante, sur l'épistémologie de Bachelard qui détermine le sens de cette expression à partir de la tâche qui est la sienne :

---

14. G. BACHELARD, *Le nouvel esprit scientifique* (1934), reproduit par Cérès, Tunis, 1993, chap. VI, p. 134, et, *La philosophie du Non* (1940), avant-propos, pp. 8-10 et chap. VI, pp. 144-145.
15. G. CANGUILHEM, *Études d'histoire et de philosophie des sciences*, p. 180.

> « la discipline historique inaugurée par Gaston Bachelard (…) invalide les notions de l'épistémologie antérieure (…), disqualifie les problèmes de philosophie traditionnelle »[16].

C'est donc une épistémologie qui a pour tâche d'effectuer une rupture avec l'épistémologie traditionnelle. Elle veut en implanter une nouvelle, qui pourra décrire la nature de l'évolution de la science au cours de l'histoire. Cette définition, qui est fondée sur la notion de « rupture », sera caractéristique de toute l'épistémologie historique qui suivra Bachelard. Quand Alexandre Koyré entama ses études et prépara son programme épistémologique, c'est aux notions de « rupture » et de « mutation » bachelardiennes qu'il fait recours pour sculpter sa conception de la « révolution scientifique ». En partant de la critique d'une lecture évolutionniste de la science, Koyré propose une lecture historique, dynamique et critique de la marche de l'esprit scientifique : il détermine les conditions de possibilité de la constitution de la science au cours de l'histoire[17]. Malgré sa critique de la lecture positiviste de l'évolution de l'esprit humain selon les trois états tracée par Comte et malgré son refus de considérer Bacon comme le père de la science, Koyré ne s'oppose pas totalement à l'orientation générale des positivistes. Ces derniers ont fait la démarcation, depuis le *Cours de philosophie positive*, entre science et pré-science. Lui, par ses *Études galiléennes*, détermine les conditions cognitives ultimes qui ont permis le saut de la pré-science à la science, soit le passage qui s'effectue par la révolution du XVIe siècle.

2. Refus de l'idée de progrès et la naissance d'une tradition

En refusant l'idée de progrès[18] adoptée par les positivistes depuis Comte, Koyré refuse tout paradigme évolutif qui aboutirait à cette ultime et dernière perfection qu'est la science. L'évolution s'effectue par

---

16. D. LECOURT, *L'épistémologie historique de Gaston Bachelard*, p. 11.
17. Cf. A. KOYRÉ, *Du monde clos à l'univers infini*.
18. L'idée du progrès se trouve chez A. COMTE, *Cours de philosophie positive*, chez CONDORCET, *Esquisse d'un tableau des progrès de l'esprit humain*, et chez J.-J.

le bannissement de la métaphysique et l'extension des frontières de la science pour pouvoir accueillir le maximum de connaissances sur la nature et sur l'homme. Les ajouts cumulatifs apportés par un Lagrange, un Laplace, un d'Alembert, un Clairaut, etc., au système newtonien parviennent à édifier une mécanique qui n'a jamais été conçue auparavant. Jusqu'à la moitié du XIXe siècle, la mécanique a été capable de fournir l'explication qui embrasse l'ensemble des phénomènes qui vont des atomes jusqu'aux planètes les plus éloignées[19]. Ainsi considérée, la science suivra, sous sa tutelle, un chemin de progrès continu, qui ne connaît qu'une suite de réussites et de victoires. Son image est bien représentée par le *Tableau général des progrès de l'esprit humain* (1792) de Condorcet et par le tableau de la classification des sciences fourni par Comte[20]. La glorification de ce progrès est aussi célébrée par les œuvres de Comte et d'Ampère : l'histoire de l'esprit positif est alors tissée par une évolution glorieuse de l'esprit fêtant, selon Comte, l'exploration incessante de nouveaux terrains de la connaissance depuis la révolution intellectuelle des XVIe et XVIIe siècles.

Il est à noter pourtant que ce sens et ce rôle donnés à la philosophie dans sa relation à l'histoire des sciences ne peuvent pas refléter le sens que prend l'épistémologie historique depuis Bachelard. C'est plutôt la description de l'historien classique que Duhem propose dans ses *Origines de la statique* et qui paraît plus adaptée : celui-ci « ami des vues simples et superficielles célèbre les découvertes fulgurantes qui, à la nuit profonde de l'ignorance et de l'erreur, ont fait succéder le plein jour de la vérité »[21]. Mais ce sens de l'évolution vers la vérité ne sera valable que jusqu'à la fin du XIXe siècle. Les bouleversements causés

---

ROUSSEAU, *Discours sur l'origine et les fondements de l'inégalité parmi les hommes*, toute la première partie.

19. Songeons ici au texte fameux de Simon de Laplace sur le déterminisme.
20. A. COMTE, *Cours de philosophie positive,* leçon 2.
21. P. DUHEM, *Les origines de la statique*, tome 2, p. 297.

par les nouvelles découvertes de la relativité et du quanta changent le regard au sein même de la science.

Incontestablement, Gaston Bachelard — le contemporain des deux nouvelles révolutions : la relativité et le quanta — ne peut que dénoncer le paradigme classique de la science et réfuter l'épistémologie qu'il a produite. Dès lors, l'évolution de la science est discontinue. Le chemin de l'évolution de l'esprit scientifique est pavé d'obstacles, de « mutations », de ruptures, de « tâtonnements » et, de temps en temps, l'esprit fait un retour en arrière : une récurrence. La rupture épistémologique sera dès lors le moteur de la science[22]. Or, le changement de vision et les tentatives de rupture répondent aux appels d'un besoin intellectuel de comprendre les mutations brutales de la science et l'apparition d'un nouvel esprit scientifique. Cet état de choses a poussé les savants et les intellectuels, avant Bachelard, à mener des réflexions à propos de « l'état actuel de la science »[23] et à semer des doutes sur l'idée du progrès. Mais le surplus de Bachelard est qu'il témoigne des conséquences néfastes du progrès ou de l'exploitation défectueuse des nouvelles inventions scientifiques. Il avait plus de chance de voir clairement la grande déception de l'humanité par la science.

Cette approche épistémologique présentée par Bachelard a eu de nombreux adeptes et le courant de l'épistémologie historique est devenu la tradition en France. Mais cette tradition a été freinée par l'emprise de l'autre courant de la philosophie des sciences qui est apparu à la même époque et qui remonte, par ses origines, aux écrits des philosophes français que sont Poincaré et Duhem. Ce courant est l'empirisme logique et la philosophie analytique élaborés au début par les membres du Cercle de Vienne. Ce courant rival de philosophie des sciences n'a cessé de s'étendre malgré l'écroulement rapide de son école fondatrice. Très bien accueilli en France notamment par Jules

---

22. G. BACHELARD, *La formation de l'esprit scientifique*, p. 256.
23. E. PICARD, *La science moderne et son état actuel*, introduction, p. 1.

Vuillemin (1920-2001) et Jacques Bouveresse, le courant de la philosophie analytique domine l'orientation générale de la philosophie des sciences[24]. En revanche, l'apparition d'un nouveau courant épistémologique en Amérique, peu après les années soixante, quoi qu'il ne renie pas l'analyse du langage, redonne à l'histoire, dans le domaine de l'épistémologie, sa dignité. Ce nouveau courant historique surgit avec l'ouvrage du philosophe et historien des sciences américain Thomas Samuel Kuhn, *La structure des révolutions scientifique* (1962), qui va changer l'équation définissant le rapport entre l'épistémologie et l'histoire et qui va redonner sa valeur à l'épistémologie historique[25].

En se référant aux ouvrages de l'histoire épistémologique d'Alexandre Koyré et en reprenant en même temps les concepts de « mutation » et de « rupture » hérités de Bachelard, l'épistémologie historique américaine conserve presque la même attitude à l'égard du courant épistémologique qui devance le courant fondé par Bachelard. Ce courant inclus Duhem, Poincaré, Le Roy, Couturat, Milhaud et plusieurs autres adeptes qui ont vécu, eux aussi, une mutation se préparant au sein du paradigme newtonien. Ils ont bien saisi la faillite du paradigme newtonien, c'est pourquoi certains d'entre eux ont cherché des alternatives pour réédifier la science en résolvant ses problèmes et en dépassant ses obstacles[26]. Leurs positions à l'égard du positivisme comtien étaient critiques[27]. L'apparition de nouveaux travaux scientifiques les incite alors à critiquer les principes des sciences en jetant le doute sur la terre fertilisée par la certitude de la mécanique classique. Vers la deuxième moitié du XIXe siècle et après les incertitudes introduites par la géométrie de Lobatchevski, la théorie de la chaleur de Carnot et de

---

24. M. FOUCAULT, *La vie : l'expérience et la science*, pp. 3-4.
25. *L'épistémologie française 1830-1970.* Brenner dans son ouvrage sur *Les origines françaises de la philosophie des sciences*.
26. Le modèle énergétique présenté par Duhem n'est qu'une nouvelle mécanique qui remplace l'ancienne.
27. Cf. G. MILHAUD, *Le positivisme et le progrès de l'esprit : études critiques sur Auguste Comte*.

Clausius et la théorie de l'optique de Fresnel, les méthodes de la mécanique classique ne sont plus infaillibles ni capables de résoudre les nouveaux problèmes qui ne cessent de surgir. Les nouvelles théories de la thermodynamique, de l'électromagnétisme, de la chimie-physique, de l'optique, etc., ne sont plus compatibles avec le modèle classique de la mécanique : elles échappent à sa tutelle. La méthode inductive n'est plus la méthode idéale pour la physique et l'édifice de la science doit être fondé sur de nouveaux principes. De la crise des principes résulte une attitude sceptique envers la science qui se traduit par une épistémologie d'attitude conventionnaliste : un « positivisme nouveau »[28] selon l'expression d'Édouard Le Roy. C'est ce courant épistémologique qui fut l'intermédiaire entre le positivisme radical fondé par Comte et l'antipositivisme promu par Bachelard et Koyré. Les débats épistémologiques ultérieurs ont complètement oublié ce conventionnalisme[29].

Le silence qui couvre le courant conventionnaliste estompe les efforts de certains de ses fondateurs pour mettre en place les fondements d'une véritable nouvelle « épistémologie ». Si Comte, Ampère et leurs partisans ont commencé l'étude historique de l'évolution de la science, certains adeptes du courant conventionnaliste ont orienté leurs efforts scientifiques et philosophiques vers une lecture proprement épistémologique des origines des sciences chez les Anciens[30]. C'est ainsi que, par exemple, se présentent chez Milhaud[31] les mathématiques des présocratiques comme objet propice pour la découverte. De même Duhem, physicien de formation, se trouve lui aussi porté, par les besoins pédagogiques de son métier, à s'habiller tantôt en philosophe tantôt en

---

28. E. LE ROY, *Le positivisme nouveau*.
29. Nous avons consulté les numéros de plusieurs revues philosophiques (telles que la *Revue de métaphysique et de morale* et la *Revue philosophique*) durant la période 1893-1920 et nous avons remarqué la rétrogradation remarquable des débats conventionnalistes jusqu'à leur disparition complète après la mort de Poincaré et de Duhem.
30. G. MILHAUD, *Leçon sur les origines de la science grecque*.
31. G. MILHAUD, *Les philosophes géomètres de la Grèce*.

historien ; il avance vers l'histoire des théories physique non pas comme un « écolier qui se laisse dire tout ce qu'il plaît au maître, mais au contraire, comme un juge en fonction qui force les témoins à répondre aux questions qu'il leur pose »[32] selon les termes de Kant. Cette manière d'exercer produit une sorte d'épistémologie qui combine à la fois l'esprit critique du philosophe, la démarche logique du savant et la connaissance approfondie de l'historien.

III. Quelle définition de l'épistémologie historique trouvons-nous chez Duhem ?

1. De la méthodologie à l'épistémologie historique

Il n'est pas douteux que Duhem qualifia son épistémologie comme une « simple analyse logique de la méthode par laquelle progresse la science »[33], c'est-à-dire comme une simple méthodologie. Mais l'exploitation qu'il a faite de l'histoire des théories physique remanie son épistémologie de la simple méthodologie à la véritable épistémologie historique. L'étude méthodologique est conditionnée par la méthode historique : ceci est confirmé par le dernier paragraphe du dernier chapitre de sa *Théorie physique* où il insiste sur le caractère indispensable de la méthode historique pour la méthodologie[34]. La présence de la méthode historique à côté de la méthodologie et le travail conceptuel qu'il a exercé non seulement dans son œuvre philosophique, mais aussi dans son œuvre historique confirment qu'il n'est pas un simple historien, ni un simple méthodologue, mais un véritable épistémologue. Pourtant, il a toujours été classé parmi les historiens des sciences qui s'inscrivent dans une tradition comtienne. Cependant, contrairement à un historien des sciences traditionnel qui se contente de construire son

32. E. KANT, *La critique de la raison pure (1787)*, préface de la 2e édition, p. 22.
33. P. DUHEM, *La théorie physique*, p. XV.
34. P. DUHEM, *La théorie physique*, pp. 366-369.

étude historique en partant des théories du passé pour suivre leurs évolutions linéaires afin de confirmer la lecture positive de la marche de l'esprit, Duhem choisit une nouvelle méthode de lecture de l'histoire des théories. Pour lui, la lecture de l'histoire des théories physique n'a pas pour but l'histoire elle-même, mais elle prépare un projet qui sera déclaré dans le *Traité d'énergétique* en 1911. Autrement dit, c'est une lecture qui prépare la réédification de la science, en l'occurrence la réédification d'une mécanique nouvelle sur le débris de l'ancienne mécanique essoufflée par les nombreux problèmes qui heurtent ses théories. Et même si sa lecture ultérieure de l'histoire de la cosmologie change un peu son objectif[35], à savoir construire une lecture de l'histoire des sciences rivale à la lecture positive classique, il reste fidèle à ses conceptions méthodologiques et au sens qu'il a confié au rôle de l'histoire. Le but qu'il a assigné à l'histoire est purement épistémologique : il veut tracer le chemin que doit suivre une théorie qui tend vers la classification naturelle. C'est toujours la conception qu'il a formulée de la théorie physique qui oriente sa lecture de l'histoire.

S'agit-il de l'étude d'une théorie de la chaleur, de l'optique ou de la dynamique par exemple, la démarche historique n'exhibe pas les différentes théories selon certains critères de perfectionnement qui font qu'une théorie est meilleure que les autres ou qu'elle représente la dernière étape de l'évolution de telle ou telle science. Au contraire, loin d'être une simple création ou évolution graduelle qui parvient à une explication parfaite du réel, une théorie physique est un projet qui se réalise au cours de l'histoire, que sa durée soit longue, comme celle de la statique, ou courte, comme celle de la thermodynamique. Son chemin n'est ni sans entraves, ni sans d'obstacles, ni sans difficultés : c'est la raison pour laquelle « aucune théorie physique n'a jamais été créée

35. L'objectif de l'histoire des théories physiques était, jusqu'en 1906 (avec les *Origines de la statique*) de trouver l'assise et la justification historique du projet scientifique et de la philosophie qui en résulte, mais avec *Le système du monde* (1913), l'histoire des sciences sera visée en soi.

de toutes pièces. La formation de toute théorie physique a toujours procédé par une suite de retouches »[36], car c'est ce que l'histoire nous montre. Dès lors, l'étude historico-épistémologique sera une décomposition des pièces et une dégradation des couches. Ceci implique l'analyse des méthodes, des concepts, des définitions et des principes, afin de dévoiler les problèmes, les lacunes, les tâtonnements et les fausses routes suivies par les savants.

2. Une lecture non historique de l'histoire des théories

La lecture historico-épistémologique ne suit pas un alignement progressif de la construction des pièces et « des retouches », mais des allées et retours, des va-et-vient entre les concepts, les expériences, les théories, parfois selon une démarche en « spirale » qui part d'une notion pour analyser les autres notions qui tournent dans son orbite. C'est la manière dont Duhem étudie les notions de la science historiquement et ce n'est qu'une façon d'exprimer la complexité de la constitution des théories. Cela veut dire encore que « les retouches » ne sont pas de simples ajouts, mais peuvent être des ruptures, des mutations, des métamorphoses, parfois inaperçues. Les théories ne sont pas séparées de leurs contextes historiques, ni de leurs sociétés, car le bon physicien est aussi un « bon citoyen […] éclairé sur les variations qui intéressent la santé des hommes et les productions de la terre »[37] et c'est grâce à ce lien intime entre le savant et son milieu social que naquissent les plus importantes découvertes :

> « le thermomètre rendu maniable et portatif, devint incontinent, entre les mains du physiologiste vénitien Santario Santori, un indicateur sensible et précis des progrès de la fièvre »[38].

C'est ce lien-là qui fait l'un des moteurs du progrès de la science.

36. P. DUHEM, *La théorie physique*, p. 306.
37. P. DUHEM, *Les théories de la chaleur*, p. 352.
38. P. DUHEM, *Les théories de la chaleur*, p. 352.

Les liens entre les concepts et leurs contextes historiques témoignent aussi des changements de contenu des concepts, c'est-à-dire du changement de leurs définitions afin qu'ils s'adaptent aux nouveaux contextes théoriques. C'est le cas pour les concepts d'« impetus », de « chaleur » ou de « lumière » par exemple. Les contextes interdisent au chercheur, selon la lecture épistémologico-historique de Duhem, de faire une projection de ses propres conceptions : il doit au contraire se situer au sein des contextes historiques, lire les théories et voir les problèmes avec les yeux de leurs créateurs[39]. Or ce critère fait défaut à ses contemporains, comme il le confirme dans ses *Origines de la statique*[40]. Il est demandé à l'historien, comme au physicien, de se mettre dans le contexte historique des concepts qu'il étudie tout en maîtrisant leurs langages afin de pouvoir les traduire.

À vrai dire, cette suprématie de l'épistémologue sur l'historien des sciences est le résultat d'un sens critique très vif que Duhem hérita de Rankine dans sa critique la mécanique classique. En lisant l'article de Rankine intitulé *Esquisses de la science de l'énergétique*[41], Duhem comprend que l'enjeu de Rankine consiste dans le rejet de la mécanique sous sa forme actuelle. La mécanique se présente, en fait, comme un système explicatif général, mais Rankine veut la remplacer par une nouvelle dynamique fondée sur l'énergie. L'importance de sa critique consiste en ce qu'elle met en place un nouveau cadre conceptuel dynamique, dans lequel l'énergie est le concept premier et unificateur. Encouragé par ce programme ambitieux inauguré par Rankine, Duhem

39. P. DUHEM, *Les origines de la statique*, t. 1, p. 6.
40. « Nous nous efforcerons d'oublier ce que la Mécanique moderne nous a enseigné et de nous pénétrer des lois acceptées par la Mécanique péripatéticienne. A cette condition seulement nous pourrons comprendre la pensée des géomètres qui, de siècle en siècle, vont faire progresser la Statique » (P. DUHEM, *Les origines de la statique*, t. 1, p. 6).
41. W. J. M. RANKINE, *Outlines of the science of energetics*, p. 120.

décide de reprendre à neuf l'évaluation des concepts centraux de la mécanique classique en cherchant les méthodes qui peuvent conduire à un chemin plus sécurisé qui mène à la mécanique nouvelle.

Ainsi, se réalise le projet d'une épistémologie qui fait de l'histoire son outil heuristique et qui fait défiler, l'une après l'autre, les théories de la mécanique devant son tribunal. *L'évolution de la mécanique* (1903) adresse une critique très sévère aux méthodes et écoles de la mécanique. La révision concerne la structure des théories mécaniques (la lumière, la chaleur, l'optique, etc.) et dévoile les failles, les lacunes et les sottises qui ont été commises par les penseurs au cours de l'histoire. Le premier problème commun à toutes les théories, c'est qu'elles sont constituées sous la tutelle de la méthode mécanique et qu'elles y restent malgré leurs nouvelles découvertes. La méthode inductive se présente ainsi comme la méthode suprême des sciences de la nature et de la physique en particulier. Mais d'un autre côté, la méthode expérimentale, promue par l'école de Kirchhoff, fait de l'expérience l'origine de toute construction théorique. Cette école est l'héritier de l'école empiriste anglaise, mais aussi de Bacon et de sa méthode d'expérience cruciale.

Voilà l'héritage lourd et faillible qui a entravé l'avancement de la science à l'époque de Duhem : c'est ce qu'il essaye de montrer par sa lecture épistémologique de l'histoire des théories physiques. Pour libérer la raison créatrice, il fallait donc écarter les fausses pistes en soumettant les théories mécaniques à l'examen historique. Tout comme Poincaré qui détecte la crise des principes en mathématiques, Duhem révèle, lui aussi, une crise qui envahit les principes de la physique. Il s'engage à sa résolution au sein d'un projet philosophico-historico-scientifique. Il se fixe comme but la reformulation des principes de la mécanique, en choisissant un chemin conventionnaliste, qui peut assurer une révision critique des principes de la physique. En considérant les hypothèses comme conventionnelles, c'est-à-dire comme choisies

librement par le théoricien[42], Duhem rejette le mécanisme et le réalisme naïf. Dans ses *Commentaires aux principes de la thermodynamique*, il écrit :

> « La théorie physique repose sur un certain nombre de définitions et d'hypothèses qui sont, dans une certaine mesure, arbitraires »[43].

Tout l'édifice théorique sera construit sur des conventions :

> « les définitions essentielles et les principes fondamentaux sont énoncés d'entrée de jeu et sans justification ; le choix du théoricien étant justifié par l'étendue et la précision des conséquences qui seront déduites de l'ensemble théorique »[44].

Du changement de la nature des hypothèses résulte un changement de la nature des principes de la science. C'est ainsi que se fait la rupture avec le dogmatisme de la mécanique classique. Au lieu de se servir de la méthode inductive, la science devra, selon Duhem, utiliser la méthode déductive. C'est la seule méthode qui mène vers un projet unificateur des sciences. Une science hypothético-déductive qui s'étendra pour embrasser tous les phénomènes connus et inconnus par la mécanique classique[45], tel est la figure de l'énergétique ou thermodynamique générale. Ces résultats n'étaient possibles qu'au moyen d'une épistémologie historique qui résulte de l'étude heuristique de l'histoire des théories. De cette manière, l'épistémologie de Duhem réussit à donner à la science une nouvelle allure, qui dépasse le positivisme de Comte et d'Ampère au profit d'un positivisme nouveau, qui ne se restreint pas à « une simple méthodologie ».

---

42. P. DUHEM, *Quelques réflexions au sujet des théories physiques*, p. 19.
43. P. DUHEM, *Les commentaires aux principes de la thermodynamique (1)*, p. 270.
44. P. DUHEM, *Les commentaires aux principes de la thermodynamique (1)*, p. 270.
45. La thermodynamique nouvelle, l'énergétique « prend l'irréversible pour loi générale de la nature et « ne veut reconnaître dans les modifications réversibles que des exceptions plus aisées à étudier » (P. DUHEM, *À propos d'une thèse de physique*, p. 492).

Ce projet d'énergétique a bien été préparé par l'épistémologie historique avant qu'il ne soit réalisé scientifiquement. L'article sur *Les théories de la chaleur* fut l'un des travaux que nous classons parmi cette épistémologie historique, quoiqu'il soit communément classé parmi les travaux historiques.

IV. Du projet historico-épistémologique au projet scientifique

1. Savoir lire l'histoire des théories et reformuler les problèmes

Quand Duhem publie son histoire des *Théories de la chaleur*, la thermodynamique était déjà constituée. Mais, depuis la reformulation de la théorie mécanique de la chaleur par Clausius, la thermodynamique s'est trouvée partagée entre deux interprétations : l'une cinétiste et l'autre dynamiste. La première s'appuie sur la théorie cinétique des gaz, regarde la chaleur comme résultant de mouvements très rapides des particules microscopiques qui constituent la matière et assimile la température à l'énergie cinétique moyenne des particules. La seconde se refuse à faire la moindre hypothèse sur la nature de la chaleur et préfère les définitions empiriques de la notion de température. Le but de ces deux interprétations est de construire la théorie de cette nouvelle discipline sur la base de deux principes. Ces tentatives n'ayant pas permis de sauver les deux principes au sein d'une même théorie, Duhem conclut :

> « échec aux tentatives faites pour ramener les propositions de Sadi-Carnot et de Clausius aux principes de la thermodynamique ; échec aux essais d'explication cinétique des propriétés des corps gazeux »[46].

Dès lors, nous ne pouvons pas attendre de cette histoire des théories de la chaleur qu'elle réponde à la question : « comment une science de la chaleur est-elle rendue possible ? », mais plutôt à celle-ci : « d'où

46. P. DUHEM, *Les théories de la chaleur*, p. 436.

vient les difficultés dont souffre la thermodynamique contemporaine et quelles sont les méthodes qui peuvent rééditier cette jeune science ? ».

Il est vrai que l'article indiqué ne présente pas le projet duhémien, déjà révélé dans son *Commentaire aux principes de la thermodynamique* (1892-1894), où il diagnostique les problèmes dont souffre la théorie classique de la thermodynamique, laquelle ressemble, selon la description de Duhem, à « un sol trop cultivé » qui commence à « s'appauvrir »[47]. Surchargée par les obstacles que « les principes établis ne suffisent pas à lever [et] ne parviennent pas à résoudre »[48], la thermodynamique est donc menacée de s'écrouler sur elle-même[49]. Voilà pourquoi Duhem décide de prendre acte de la situation de la thermodynamique, afin qu'il trouve peut-être une nouvelle perspective qui redonne à la thermodynamique sa gloire perdue. Si nous voulons donc situer cette petite histoire des théories de la chaleur au sein du projet duhémien, elle sera le moment de révision ou de récurrence que la science fait sur son passé afin de se préparer à sa réédification comme théorie unitaire de la physique.

2. « Les théories de la chaleur » : une étude en épistémologie historique

A) La précision de mesure

Duhem entame donc son étude de la chaleur par un exposé historique de la construction du calorimètre. En décrivant le long passage de la calorimétrie à la thermométrie, il présente l'histoire de l'évolution de la méthode expérimentale et de ses protocoles. Au début, les premières fonctions demandées à l'instrument n'étaient pas seulement des indications sur l'existence de la chaleur, mais aussi une comparaison entre les différentes intensités de la chaleur. De là surgit le premier obstacle rencontré par la thermométrie : « ce problème [fût] l'un des

---

47. P. DUHEM, *Commentaire aux principes de la thermodynamique*, p. 269.
48. P. DUHEM, *Commentaire aux principes de la thermodynamique*, p. 269.
49. O. MANVILLE, *La physique de Pierre Duhem*, pp. 17-18.

plus importants de la physique »[50], il « ne fût résolu qu'en 1702 par Guillaume Amontons (1663-1705) »[51] par ses observations qui cherchent à déterminer une température fixe et qui seront exploitées par Réaumur[52] au début du XVIIIe siècle et donnent naissance à la notion de la température absolue. C'est le point de départ pour la construction de véritables instruments qui puissent être « comparables entre eux »[53]. Cette première découverte réussit à mettre au point les conditions objectives de la constitution de l'instrument de mesure. Une découverte dont la valeur est égale à la découverte que les primitifs ont faite quand ils ont allumé du feu en frottant deux morceaux de bois l'un contre l'autre. C'est par cette découverte que l'homme s'est affranchi de l'état animal et a fait le premier pas sur l'échelle de l'humanité.

B) La détermination des obstacles épistémologiques

En exposant les différentes expériences réalisées par les précurseurs afin d'améliorer le calorimètre, Duhem dévoile les différents obstacles rencontrés lors de sa construction. Premièrement, c'est de la maniabilité de l'instrument qu'il s'agit. Depuis ses premières apparitions, le calorimètre a rencontré ce problème qui ne serait résolu que par le physiologiste vénitien Santario Santori qui l'a « rendu maniable et portatif » afin qu'il soit un « indicateur sensible et précis des progrès de la fièvre »[54]. Mais, jusqu'à Amontons, « les grandes dimensions et la forme peu maniable du thermomètre » « empêchèrent le gros des physiciens d'adopter cet instrument »[55]. Le second obstacle fût la règle par laquelle, « à chaque degré de chaud et de froid, [il faut attacher] une certaine température, c'est-à-dire un certain nombre d'autant plus grand que la chaleur est intense, d'autant plus petit que le froid est plus

50. P. DUHEM, *Les théories de la chaleur,* p. 353.
51. P. DUHEM, *Les théories de la chaleur,* p. 355.
52. P. DUHEM, *Les théories de la chaleur,* p. 353.
53. P. DUHEM, *Les théories de la chaleur,* p. 353.
54. P. DUHEM, *Les théories de la chaleur,* p. 352.
55. P. DUHEM, *Les théories de la chaleur,* p. 355.

vif »[56]. S'ajoute à ces deux obstacles, trois autres : le choix du liquide au moyen duquel on peut « fabriquer des thermomètres (…) compatibles entre eux »[57], les règles « pour la préparation d'un liquide doué des mêmes propriétés »[58], et le verre pour fabriquer les mêmes thermomètres[59]. Ce fût ensuite Renaldini qui a déterminé, en 1694, « les deux points fixes de thermomètre à esprit de vin l'un au moyen du mélange d'eau et de glace, l'autre au moyen de l'eau bouillante »[60]. Duhem énumère les obstacles que les physiciens avaient rencontrés au cours de la construction de leurs instruments de mesure et au cours de leurs expérimentations. Les fausses interprétations qu'ont faites les physiciens sont dues à ces entraves[61].

Même en arrivant à ses dernières étapes de perfectionnement avec Daniel-Gabriel Fahrenheit qui, en 1714, remplace le thermomètre à alcool par le thermomètre à mercure, et avec André Celsius qui reprend en 1742, la méthode de Renaldini en 1694[62] pour diviser « en cent degrés l'intervalle qu'un thermomètre à mercure parcourt entre la température de la glace fondante et la température de l'eau bouillante », il a fallu attendre Linné pour achever le travail de deux siècles, en renversant l'ordre marqué par Celsius (100° pour la première température et 0° pour la seconde) pour que le thermomètre ait sa forme actuelle. Mais en dépassant tous les obstacles et en créant l'instrument, la théorie de

---

56. P. DUHEM, *Les théories de la chaleur*, p. 354.
57. P. DUHEM, *Les théories de la chaleur*, p. 354.
58. P. DUHEM, *Les théories de la chaleur*, p. 356.
59. P. DUHEM, *Les théories de la chaleur*, p. 356.
60. P. DUHEM, *Les théories de la chaleur*, p. 356.
61. Duhem décrit par exemple la restriction qu'Amontons aurait dû faire en décrivant ses expériences qui mènent à la détermination de la température fixe de l'eau bouillante. Amontons, dit-il, aurait dû ajouter à son interprétation de l'expérience des considérations concernant « la valeur de la pression de l'atmosphère (…) les progrès ultérieurs de la physique en ont indiqué la nécessité » (p. 354).
62. P. DUHEM, *Les théories de la chaleur*, p. 356.

la chaleur sera-t-elle également fondée ? Autrement dit, l'expérience sera-t-elle vraiment le fondement de la théorie de la chaleur ?

C) La théorisation

Il est vrai que ce sont les fins pragmatiques qui étaient la cause de la construction de l'instrument comme nous l'avons indiqué déjà ; que Santario utilisa l'instrument comme indicateur « des progrès de la fièvre »[63] ; qu'Amontons l'utilisa « pour interpréter les indications d'avoir égard aux variations de la pression atmosphérique »[64], que ce sont des causes pragmatiques, qui poussent le médecin Mayer à concevoir le principe de la conservation de l'énergie, mais la science ne fait pas part des causes pragmatiques. La science, quoique cherchant à cette époque-là le profit de l'homme et son progrès, elle n'a pas encore été détachée de ses premiers objectifs : la connaissance, la théorisation. C'est ce que Duhem défend en cherchant à réorganiser théoriquement et à purifier les principes de la thermodynamique de tous résidus de l'expérience ou de la métaphysique. Une théorie de la science doit avoir ses concepts, ses grandeurs, ses lois et sa construction logique. Ses liens au réel et sa vérification expérimentale ne compteront qu'en dernier lieu.

C'est donc l'histoire de la purification des concepts et des principes qu'il a tracée. Le « chaud », objet de la science de la chaleur, était considéré comme qualité ; on ne mesure pas la chaleur, on la sent. Son opposé, c'est le froid ; la chaleur s'ajoute et manque aux corps. C'est la conception présentée par le sens commun, mais aussi par la philosophie péripatéticienne :

> « La physique de l'École enseignait que le chaud était une qualité ; cette qualité, tous les corps la possédaient avec une intensité plus ou moins grande »[65].

63. P. DUHEM, *Les théories de la chaleur*, p. 352.
64. P. DUHEM, *Les théories de la chaleur*, p. 355.
65. P. DUHEM, *Les théories de la chaleur*, p. 358.

D) La mathématisation

Soucieux d’énumérer tous les hommes de la science qui étaient acteurs dans la mutation de la notion de chaleur, il mentionne Bacon qui, soucieux de chasser tout ce qui est qualitatif de la science, définit la chaleur comme un « mouvement expansif, resserré et existant dans les particules »[66]. Puis c’est grâce à Descartes que la chaleur devient une quantité. La vraie *mutation* qui créa cette science s’est faite chez Descartes, qui « chercha sous la qualité qu’exprimaient les mots chaud et froid, un élément quantitatif ; il regarda la chaleur comme une grandeur susceptible de mesure »[67].

De l’analyse que Duhem présente de la thèse cartésienne, nous ne pouvons pas nous abstenir de faire quelques remarques : le positivisme et notamment son fondateur, Auguste Comte, considère la philosophie de la physique de Descartes comme l’une des causes de la décadence de la science expérimentale. Pour Descartes, l’étendue et le mouvement sont tout ce qui définit la physique. L’expérience, telle que Bacon l’a conçue, n’a pas de place dans le système de Descartes. Ainsi, Bacon sera, pour les positivistes, le père de la science positive et de la méthode scientifique. Ceci n’est pas exactement l’opinion de Duhem. Lui aussi se réclame des apôtres du positivisme, mais voilà qu’il choisit Descartes comme le vrai fondateur d’une science qui se dit science d’origine expérimentale : la science de la chaleur.

Or, que Descartes avait fait exactement ?

Dans la philosophie péripatéticienne, le « chaud » et le « froid » sont deux qualités liées à la matière et aux objets ; chez Descartes, le « chaud » et le « froid » seront deux quantités ramenées à l’étendue et au mouvement. La chaleur, étant l’effet d’un mouvement des particules d’un corps, se trouve définie quantitativement pour la première fois de

66. P. DUHEM, *Les théories de la chaleur*, p. 358.
67. P. DUHEM, *Les théories de la chaleur*, p. 359.

son histoire avec Descartes ; la chaleur résulte du mouvement rapide entre les particules d'un corps échauffé :

> « (…) à un assemblage de corps en *mouvement* correspond *un nombre,* nombre qui *mesure l'intensité* de l'agitation dont ce système de corps est animé, *la quantité de mouvement* qu'il possède ; ce nombre est doublé lorsqu'on double soit la grandeur de l'un des corps qui se meuvent, soit la vitesse qui entraîne ce corps. Ce *nombre s'obtient*, en un mot, *en multipliant chaque masse mobile par la vitesse qui l'anime et en ajoutant entre eux tous les produits obtenus*. »[68].

Ainsi Descartes dépose la loi qui décrit l'échauffement, et la chaleur sera définie dès lors par le mouvement. Ce passage de la qualité à la quantité dans la définition de la chaleur est la première *mutation* qui se fait dans l'histoire de la science de la chaleur ; il est la condition même de la naissance de la science. C'est la quantification qui garantit l'objectivité qui rend la science possible. Descartes rompt avec la tradition en traduisant ce qui est qualitatif dans une formule quantitative en multipliant la masse de chaque corps par sa vitesse pour obtenir l'intensité de la chaleur ($t = m.\ v$)[69]. Cette équation sera rectifiée un peu quand Leibniz introduit la force vive en multipliant la masse de chaque corps par le carré de sa vitesse ($t = m. v^2$). Voici donc Duhem en train de repérer la révolution conceptuelle qui a favorisé les conditions de la possibilité de la science de la chaleur. Cette idée est centrale chez Duhem, non seulement dans son étude des théories de la chaleur, mais aussi dans toutes ses autres études philosophiques. Si Duhem parle de « bouleversement théorique », il ne contredit pas sa thèse historique, car « il faut absolument distinguer le continuisme historique du continuisme épistémologique »[70] comme le fait remarquer Brenner dans son introduction à *L'évolution de la mécanique* de Duhem.

68. P. DUHEM, *Les théories de la chaleur*, p. 359.
69. P. DUHEM, *Les théories de la chaleur*, pp. 360-361.
70. A. BRENNER, *Introduction*, à P. DUHEM, *L'évolution de la mécanique*, p. XIX.

Si Descartes était le premier qui a fourni la loi qui quantifie la chaleur, il nous a fourni aussi une autre condition de la science : la théorisation. Or, le passage de la qualité à la quantité comprend implicitement un refus des considérations empiriques du phénomène de la chaleur. Pour Descartes, la chaleur n'est pas ce que nous sentons, mais ce que nous pensons ; c'est en fait la notion de température qui est en train d'être sculptée. Au lieu que l'expérimental fonde la science de la chaleur, ça sera le théorique. Cette révolution sera confirmée encore plus avec Sadi Carnot, le fondateur de la thermodynamique comme nous le verrons.

E) Savoir poser les problèmes

Le bouleversement conceptuel sera introduit par une évolution longue et variée. Quand Amontons proposa un instrument de mesure pour la chaleur et Réaumur définit la température fixe, ils ont échoué tous les deux à résoudre les problèmes de mesure de la chaleur, parce qu'ils n'ont pas su comment poser correctement le problème. Nous ne sommes pas loin de l'appel de Bachelard, quelques années plus tard, à « savoir poser des problèmes »[71] pour pouvoir penser les mutations et les ruptures de la science. Pour résoudre le problème de mesure, il a suffi à Black de changer la manière de poser la question[72]. Black marqua, par sa méthode et sa découverte de la « chaleur latente », un changement dans l'ordre de la connaissance. Il a marqué une « rupture épistémologique » selon l'expression de Bachelard. Black et Crawford ont découvert, par leur méthode de mélanges, l'existence d'une *chaleur spécifique* qui varie d'une substance à l'autre ; elle est définie par la quantité de chaleur nécessaire pour élever la température d'un corps d'un degré à un autre. Black et Crawford découvrent aussi *la température latente* ; elle signifie qu'une substance peut absorber de la chaleur

71. G. BACHELARD, *Le nouvel esprit scientifique*.
72. P. DUHEM, *Les théories de la chaleur*, p. 364.

sans changer de température, mais en changeant son état. Ceci est démontrable à partir de l'expérience de la glace fondant qui, en absorbant la chaleur, se transforme d'un état solide à un état liquide sans changer de température. La *chaleur latente* s'oppose à la *chaleur libre* qui peut être marquée par le thermomètre[73]. Ces phénomènes « nous sont aujourd'hui si familiers (que) nous méconnaissons volontiers l'importance de la révolution produite par leur découverte »[74] disait Duhem. La découverte de la chaleur latente fait la *rupture* entre la *connaissance commune* et la *connaissance scientifique* ; elle « *rompait* tout lien entre le sens que le mot chaleur a dans la langue vulgaire et le sens qu'il prend dans le langage des physiciens ; un corps peut gagner de la chaleur sans devenir plus chaud, il peut perdre de la chaleur sans devenir plus froid »[75]. Black confirme, par ses découvertes, le bouleversement conceptuel réalisé par la théorie héritée de Descartes.

Mais une nouvelle théorie rivale à la théorie cinétique de la chaleur s'édifie vers la fin du XVIIIe siècle : au lieu du mouvement, ses adeptes choisissent la substance matérielle. Ils ont défini la chaleur comme l'« effet d'un fluide impondérable, présent dans les corps »[76]. Ce fluide est nommé *le calorique* : « le fluide calorique est un fluide compressible et élastique, assimilable de tout point à un gaz »[77]. Ce sont Newton et ses disciples qui regardaient la chaleur comme substance. Toutefois, les physiciens ultérieurs hésitent entre les deux théories : la chaleur-mouvement ou la chaleur-fluide ; le Mémoire rédigé par Laplace et Lavoisier sur la chaleur en témoigne[78]. Mais Laplace, ayant achevé la mécanique céleste de Newton, va élaborer une théorie conciliatrice

73. P. DUHEM, *Les théories de la chaleur,* pp. 364-365.
74. P. DUHEM, *Les théories de la chaleur,* p. 366.
75. P. DUHEM, *Les théories de la chaleur,* p. 356.
76. P. DUHEM, *Le mixte et la combinaison chimique*, p. 60.
77. P. DUHEM, *Les théories de la chaleur,* p. 376.
78. P. DUHEM, *Les théories de la chaleur,* p. 370.

entre la théorie substantielle et l'hypothèse de l'attraction moléculaire[79] ; il devient, en 1783, « le plus ferme champion de la théorie du calorique »[80].

Les débats entre les différentes écoles à propos de la nature de la « quantité de chaleur » vont continuer jusqu'à la moitié du XVIIIe siècle quand « un jeune homme de vingt-huit ans posait les premiers principes de la science qui allait ruiner l'hypothèse du calorique et supplanter la doctrine de l'attraction moléculaire elle allait couler la physique dans un moule nouveau »[81]. Sadi Carnot a assurément une connaissance approfondie des progrès des recherches effectuées par ses devanciers :

> « (…) les nombreux renvois qu'il fait aux écrits de Laplace, de Poisson, de Desormes et Clément, de Gay-Lussac et Welter, en témoignent assez. Mais, si les recherches de ces géomètres et de ces physiciens lui ont été d'un grand secours pour développer les conséquences de sa découverte, on peut affirmer que *l'idée première de cette découverte ne lui a été suggérée par aucun de ses devanciers* ; seules, ses propres réflexions l'ont fait germer en lui »[82].

Les nombreuses tentatives de ses devanciers n'ont pas réussi à mettre les fondements théoriques de cette science. Les moteurs thermiques sont déjà en plein exploit, les ingénieurs font de nombreuses tentatives en vue de transformer ces appareils et de leur faire faire rendre plus de travail en dépassant moins du combustible ; la révolution industrielle commence à faire de grands pas, mais il manque une connaissance théorique, une science de la chaleur, et « l'absence de toute théorie propre à éclairer l'ingénieur qui désirait perfectionner les moteurs thermiques, de toute règle capable de contenir dans ce justes

79. P. DUHEM, *Les théories de la chaleur*, p. 372.
80. P. DUHEM, *Les théories de la chaleur*, p. 396.
81. P. DUHEM, *Les théories de la chaleur*, p. 385.
82. P. DUHEM, *Les théories de la chaleur*, p. 386.

limites les ambitions de l'inventeur, frappa vivement Carnot »[83]. C'est ainsi qu'il procède à la création de la science en généralisant le principe de production du mouvement par la chaleur et en établissant « des raisonnements applicables non seulement aux machines à vapeur, mais à toute machine à feu imaginable ». La chaleur résulte du travail selon un cycle nommé « cycle de Carnot »[84]. À partir de cette découverte reprise quelques années plus tard après la mort de Carnot, par Clausius, et après la découverte du principe de la conservation de la chaleur par le médecin Robert Mayer, Clausius parvient à réconcilier, dans une même théorie, les deux principes jadis irréconciliables et fait naître ainsi la thermodynamique : « La révision des principes de la théorie de la chaleur […], Sadi Carnot l'a entreprise, Robert Mayer l'a inaugurée, Clausius l'a menée à bonne fin ».

L'édification de la science n'a pas mis fin aux querelles, ni résolu les nouveaux problèmes qui commencent à surgir surtout concernant l'incompatibilité de la mécanique avec les fondements théoriques de cette science. C'est ce qu'exprima Poincaré dans ces mots : « le mécanisme est incompatible avec le théorème de Clausius »[85], et c'est ce que Duhem avait montré et montrera dans ses études épistémologico-historique ultérieures aux *Théories de la chaleur*. Dans son *Commentaire aux principes de la thermodynamique*, il avait déjà dévoilé ces problèmes et dans son *Traité d'énergétique ou de thermodynamique générale*, il va présenter ses solutions en rééedifiant la thermodynamique. C'est à partir des travaux de Clausius que Duhem va engager son étude macroscopique des systèmes thermodynamiques. Il poursuivra les réflexions déjà entamées par Helmholtz, Gibbs et F. Massieu, sur les problèmes dont souffre la thermodynamique. Ces derniers

83. P. DUHEM, *Les théories de la chaleur*, p. 386.
84. Dans le cycle de Carnot, la production de travail par une machine à feu est intimement liée au transport d'une certaine quantité de calorique du foyer au réfrigérant ; elle a pour cause un rétablissement d'équilibre dans le calorique.
85. H. POINCARÉ, *La thermodynamique*, préface, cité dans P. DUHEM, *Les théories de la chaleur*, p. 424.

avaient réédifié une théorie cohérente de la thermodynamique, en appliquant les théorèmes de la mécanique rationnelle de Lagrange, ils ont cherché à retrouver un exposé systématique des équations générales de la thermodynamique, mais lui, à travers ses révisions historiques, il va déterminer l'origine des problèmes méthodologiques de la thermodynamique[86].

F) Contre les écoles empiriste et mécaniste

L'étude historico-épistémologique que présente *Les théories de la chaleur* se limite à découvrir les différents obstacles, mais aussi les différentes solutions, aux problèmes rencontrés par les penseurs. Pourtant, à travers la critique des partisans de l'école empirique, nous pouvons faire allusion au projet préparé pour la réédification de la théorie de la thermodynamique. Il trouve, dans les débats entre les écoles mécaniques concernant la définition de « la quantité de chaleur », un terrain propice pour diagnostiquer le problème de la thermodynamique actuelle. Il divise le débat entre les partisans de l'école mécaniste newtonienne, les partisans des écoles empiriques et cinétiques qui remontent à la théorie cinétique d'origine cartésienne.

L'école empirique, école dominante à l'époque de Duhem, présentée par Kirchhoff et ses disciples, adopte une définition purement opérationaliste de « la quantité de chaleur » : elle est proportionnelle à la masse d'eau que la modification associée ferait passer de l'état solide à l'état liquide : « une quantité proportionnelle au poids d'eau que cette modification porterait de la température 0° à la température 1° » ; la quantité de la chaleur est donc ce que l'instrument mesure.

Pour l'école mécaniste, « la quantité de la chaleur » « dégagée se compose, en partie, de la diminution de la force vive du mouvement

86. Ces idées font l'objet de tout un chapitre de notre thèse de doctorat, *Le concept de la théorie physique : genèse et structure*, intitulé « Vers la construction d'une théorie modèle : la théorie énergétique ».

moléculaire, en partie du travail effectué par toutes les forces, tout externes qu'internes, qui s'exercent sur le corps »[87]. Autrement dit, elle est la somme de la diminution de l'énergie cinétique associée au mouvement moléculaire du travail interne et externe exercé sur le corps dégagée au cours d'une transformation.

Par volonté d'échapper aux résidus de la métaphysique qui émanent de la notion de fluide calorique sur laquelle les mécanistes fondent leur définition abstraite, les opérationnalistes adoptent un ensemble de concepts théoriques qui permettent la constitution d'un instrument de mesure correspondant et réussissent ainsi à chasser toute conjecture sur la nature de la chaleur. Ainsi, ils réalisent un renversement par rapport à l'école mécaniste.

L'école empirique refuse le statut théorique de la science de la chaleur : elle considère les concepts de la science de la chaleur comme le résultat d'un travail d'abstraction de ce qui est empirique. La science dépendra donc des instruments de mesures. Mais si nous considérons les définitions de la science comme résultant de l'abstraction des données empiriques présentée par l'instrument, comment pourrait-on dès lors justifier les corrections que les penseurs apportent aux données sorties des calorimètres ? Comment réaliser l'étalonnage d'un appareil sans recourir à une notion abstraite de la quantité de chaleur ? Et si les mesures obtenues des instruments de mesure sont la vérité, comment serait-il possible de parler de mesures approchées ? Les faits historiques nous montrent que les physiciens se concourent pour préciser leurs appareils de mesure ou pour construire de nouveaux instruments. Voilà ce que Duhem avait montré dans la première partie de son étude sur *Les théories de la chaleur*.

---

87. P. DUHEM, *Les théories de la chaleur*, p. 339.

G) Les conclusions duhémiennes de la lecture épistémologico-historique des théories de la chaleur

De la leçon historique, Duhem peut aisément tirer des conclusions épistémologiques : la définition que les opérationnalistes suggèrent est fautive. Elle est encore plus fautive que celle présentée par les partisans de l'école mécaniste. D'une part, en rejetant les notions abstraites sans corrélation immédiate dans l'univers physique, les empiristes refusent aux définitions leur statut théorique. D'autre part, ils veulent saisir le concept par une mesure concrète qui dépend de la construction de l'instrument de mesure sur la base du concept de la quantité de chaleur ; or, les simples mesures « brutes » ne font pas la science ; il faut qu'il y ait une règle ou une norme pour comparer les résultats de mesure. Il faut qu'il y ait aussi les moyens pour distinguer les résultats corrects des résultats incorrects et préciser le degré d'approximation liée au protocole expérimental suivi et à l'instrument utilisé. Les opérationnalistes veulent que leurs constructions théoriques dépendent de l'expérience, mais ce n'est pas ainsi qu'ils construisent réellement leur science.

En défendant leur définition empirique de la quantité de la chaleur, les opérationnalistes emploient inconsciemment, dans leurs recherches, une notion abstraite de la quantité de la chaleur. Donc, contrairement à ce qu'ils prétendent, leurs raisonnements ne s'éloignent pas trop des mécanistes ; c'est le résultat auquel aboutit l'analyse critique de Duhem :

> « bien diverses sont les pensées de ces physiciens ; toutes cependant, se ressemblent en un point : pour tous ces physiciens, la quantité de la chaleur est une abstraction dont la définition résulte du système théorique qu'ils adoptent ; c'est sur cette abstraction qu'ils raisonnent »[88].

88. P. DUHEM, *Les théories de la chaleur*, p. 353.

Ce n'est pas tout. Pour cette école qui prétend couper avec l'école mécaniste, ses partisans risquent de retourner au thème du calorique et au mouvement moléculaire :

> « alors qu'ils ne croient parler que de la grandeur mesurée par le calorimètre, que peut être cette notion confuse, indécise, latente, sinon *un résidu des théories que l'on croit avoir entièrement abandonnées*, un reste de l'hypothèse du fluide calorifique ou des suppositions mécaniques ? »[89].

Pour corriger cette définition de la « quantité de chaleur », il faudra qu'elle soit déduite de la définition de l'énoncé du principe de conservation de l'énergie. La réédification de la théorie dynamique de la chaleur sera réalisée par l'élucidation de ses concepts centraux et la reconstruction de son architecture logique qui le débarrasse de toute conjecture sur la nature de la chaleur. C'est le projet que Duhem promet à la fin de son étude historique et épistémologique.

Ce qui compte pour nous de cette étude que nous avons prise comme exemple pour démontrer notre thèse, c'est que l'épistémologie de Duhem n'est pas une simple méthodologie comme lui-même le prétendait. S'il y a une méthodologie dans son ouvrage *La théorie physique : son objet, sa structure*, elle ne l'est que du point de vue pédagogique, mais du point de vue épistémologique, Duhem a mis les fondements d'une épistémologie historique de la physique et sera généralisée sur toute la science avec ses précurseurs. Mais nous rencontrons aussi chez lui, d'après l'article que nous venons d'étudier, une histoire épistémologique dont la finalité n'est pas l'exposé historique, mais la préparation à un projet scientifique.

Cette histoire épistémologique nous a mis devant plusieurs conclusions qui nous sont familières chez les épistémologues contemporains. D'abord malgré son évolution continue, la science avance par correc-

---

89. P. DUHEM, *Les théories de la chaleur*, p. 441. Nous soulignons.

tion des erreurs et nous savons bien quelle valeur les penseurs ont assignée à l'erreur : il suffit de se rappeler l'ouvrage de Mach *La connaissance et l'erreur* ou l'œuvre de Bachelard. Celui-ci fera de l'erreur un moteur de l'évolution de la pensée scientifique. Ensuite, contrairement à l'idée répandue qui généralise le continuisme de Duhem sur toute sa pensée, l'étude que nous avons faite offre l'exemple d'un discontinuisme fondé sur les mutations et les révolutions conceptuelles qui contribuent à l'évolution de la science. Enfin, la science ne peut être fondée sur l'expérience. Elle se construit grâce à la théorisation. Si la méthode de la physique est expérimentale ; l'expérience ne peut être à l'origine de ses définitions. Toutes les définitions des concepts de la science, même celles que nous croyons les plus implantées dans l'expérience comme celle de la science de la chaleur, ne sont en vérité que des constructions théoriques. Le rôle de l'expérience est la vérification de la compatibilité de la théorie avec le réel. Elle n'est qu'une classification naturelle qui se laisse perfectionner en approchant peu à peu du réel sans jamais l'atteindre.

V. Quelle définition de l'épistémologie-historique pouvons-nous assigner au sens trouvé chez Duhem ?

Nous avons deux définitions possibles de l'épistémologie historique. Ou bien celle qui se présente comme juge du passé. Elle se définit comme la « discipline qui prend la connaissance scientifique pour objet (et) doit tenir compte de l'histoire de cet objet »[90]. C'est la définition présentée par Dominique Lecourt dans l'introduction de son ouvrage sur Bachelard et qui aboutit à la conséquence suivante : « si l'épistémologie est historique, l'histoire des sciences est épistémologique »[91]. Ou bien, la définition actuelle qui considère « l'épistémolo-

90. D. LECOURT, *Introduction*, p. 10.
91. D. LECOURT, *Introduction*, p. 10.

gie historique comme histoire des catégories qui structurent notre pensée, qui modèlent notre conception de l'argumentation et de la preuve » comme disait Lorraine Daston dans son article *Une histoire de l'objectivité scientifique*[92].

Étant prise dans le premier sens, l'épistémologie historique « se donne comme objet la connaissance scientifique dans son mouvement ; c'est à un processus historique que l'épistémologie à affaire »[93]. Un survol rapide de l'œuvre de Duhem nous permet d'affirmer d'abord qu'il s'agit bien d'une réflexion sur la science physique à partir de son histoire. C'est toute l'histoire des théories mécaniques et cosmologiques qui a été explorée dans le but de dégager les thèses philosophiques sur lesquelles il va fonder son épistémologie. L'épistémologie est née de cette double pratique : de la science et de son histoire. Dans ses écrits historiques (*L'évolution de la mécanique*, *Les théories de la chaleur*, *Les théories de l'optique*), Duhem ne fait pas de l'historiographie. Il s'agit bien d'une étude critique guidée par le choix des concepts ou des problèmes liés à telle ou telle science, par les différentes solutions ou définitions présentées par les écoles et les méthodes de la mécanique classique. La méthode historique étudie soit l'évolution interne des théories (de la chaleur, de l'optique) soit l'évolution externe de la science (de la mécanique).

Par cette méthode, Duhem traite l'histoire comme terre fertile pour récolter des concepts. Il s'efforce, à chaque fois, de révéler les innovations conceptuelles et les concepts que nous avons étudiés précédemment telle que « la chaleur latente », « la chaleur spécifique » et « la température absolue », pour ne citer que quelques exemples. Le phénomène même de « chaleur », objet de la thermodynamique retravaillé conceptuellement selon une méthode historique, se voit lié à d'autres

---

92. Cité in L. DASTON, *L'économie morale des sciences modernes*, p. 14.
93. D. LECOURT, *Introduction*, p. 10.

phénomènes électriques (effet joules, effet Peltier) ou autres (hystérésis, magnétique, diélectrique) et associé à des réactions chimiques.

La lecture épistémologique de l'histoire montre, chez Duhem, que l'esprit scientifique est un mouvement irrégulier qui avance par erreurs et corrections. L'erreur n'est plus le visage sombre de la science ; elle est son moteur. Sur ce point, Duhem s'accorde avec Mach, son contemporain et auteur d'*Erkenntnis und Irrtum*. La disparition des théories mécaniques, « l'une après l'autre »[94], témoigne de ce mouvement actif de l'esprit scientifique. Au cours de son évolution, il y a des critères de scientificité que le philosophe habile, investigateur de l'histoire, peut tirer : la méthode inductive ne construit pas les théories de la physique quelque soient les prétentions des philosophes. Contrairement à ce qu'on croit, il n'existe pas de voie purement inductive conduisant des trois lois de Kepler au principe newtonien de la gravitation. L'expérience cruciale ne peut décider entre deux théories et une hypothèse ne peut pas, à elle seule, falsifier une théorie. De plus, entre l'expérience ordinaire et l'expérience scientifique, il y a une discontinuité[95]. Ce sont les idées principales reprises par la doctrine de Bachelard, mais qui se trouvent bien travaillées dans l'épistémologie de Duhem.

Si nous la considérons dans le deuxième sens, l'épistémologie historique serait une nouvelle approche qui reprend les questions classiques de la philosophie des sciences concernant des notions comme la preuve, le fait scientifique, l'objectivité, l'unité de la science, le problème de la démarcation entre science et non sciences, pour les approfondir.

Il ne s'agit pas, ici, de revenir à la relation généalogique ni de fonder une rupture radicale introduite par les épistémologies du siècle précédent. Il ne s'agit plus non plus d'en faire une sociologie des sciences.

94. P. DUHEM, *Quelques réflexions sur les théories physiques*, p. 19.
95. P. DUHEM, *La théorie physique*, p. 246.

L’état actuel de la relation entre science et histoire des sciences nécessite un retour de la philosophie avec des questions de nature différente. Or, étant donné que l’écart entre la science et l’histoire des sciences est de plus en plus grandissant, l’histoire des sciences se retrouve à la lignée de l’histoire générale, « de plus en plus contextualisée »[96] et la science, « de plus en plus centrée sur les sciences contemporaines », « s’éloigne de plus en plus de son histoire ». Revenir à une épistémologie historique ne veut pas dire fonder de nouveau une histoire philosophique des sciences, mais plutôt fonder une philosophie qui s’intéresse à « l’histoire des catégories qui structurent notre pensée, qui modèlent notre conception de l’argumentation et de la preuve »[97]. Cela se traduit par le fait qu’on « ne fait pas », par exemple, « de l’histoire de tel ou tel usage du calcul infinitésimal dans les démonstrations mathématiques aux XVIe et XVIIe siècle, mais plutôt celle de l’évolution des modalités de la démonstration mathématique durant cette période »[98]. Il ne s’agit donc pas d’un « jugement historique selon lequel telle ou telle discipline atteint l’objectivité (…), mais plutôt une exploration historique des multiples significations et manifestations scientifiques »[99].

En appliquant cette conception à la lecture de l’épistémologie duhémienne, nous pouvons y trouver les notions qui ont demandé la participation d’hommes de génie tout au long de l’histoire pour pouvoir devenir ce qu’elles sont. Tel est le cas des concepts que Duhem a retravaillés en leur donnant de nouvelles formules pour qu’elles soient compatibles avec la conception qu’il veut faire de la théorie physique. Certains de ces concepts — la « représentation », « la théorie », « l’économie de pensée », « le rapport métaphysique et science », « l’expérience », « la loi scientifique » « l’hypothèse », « la traduction », la

96. L. DASTON, *L’économie morale des sciences modernes*, p. 13.
97. L. DASTON, *L’économie morale des sciences modernes*, p. 14.
98. L. DASTON, *L’économie morale des sciences modernes*, p. 15.
99. L. DASTON, *L’économie morale des sciences modernes*, p. 15.

« convention », la « classification naturelle », « la structure » et « l'histoire » — peuvent toujours fournir une exploration de signification.

L'œuvre de Duhem présente un travail historique condensé sur les notions de la science, et au cours de ce travail, un arsenal conceptuel philosophique se construit. Si les notions de « chaleur », de « mouvement », de « force », de « mesure », etc., sont liées à une archéologie historique qui suit leurs généalogies, les concepts que nous venons de citer plus haut, peuvent eux aussi faire appel à une étude philosophico-historique. D'ailleurs, Duhem lui-même fait cet appel en disant :

> « Peut-être, certains de nos lecteurs voudront-ils étendre à des sciences autres que la physique les réflexions qui sont ici exposées »[100].

Duhem présente une construction conceptuelle obvie, logique, valable pour l'enseignement de la méthode de physique, mais aussi porteuse d'une conception surchargée de connotations, qui servira comme guide et incitant aux réflexions méthodologiques ultérieures, non seulement pour la physique, mais aussi pour les autres disciplines. Elles préparent une tradition pour les écoles épistémologiques qui vont suivre. Chacune d'entre elles trouve dans ses concepts une tradition pour son approche. Ainsi le positivisme logique trouve dans la définition de l'expérience, la vérification, l'axiomatisation, la traduction, etc... des éléments pour son système. Popper construit sa thèse de conjecture et de réfutation sur l'idée de proximité de la vérité. Cette idée est celle contenue dans l'idée de « classification naturelle » de Duhem. Le falsificationnisme simpliste de Duhem se retrouve reproduit dans un falsificationnisme méthodologique chez Popper[101]. Pour lui, une théorie est valable tant qu'elle est falsifiable. La falsifiabilité joue le rôle de démarcation entre les théories scientifiques et les théories non

---

100. P. DUHEM, *La théorie physique*, p. XV.
101. I. LAKATOS, *Histoire et méthodologie des sciences*, pp. 21-22.

scientifiques. Popper trouve aussi chez Duhem une critique de l'inductivisme qu'il reprend à son compte, tout en refusant sa critique de l'expérience cruciale.

Quine reprend la thèse holiste de Duhem et formule, dans sa critique des *Deux dogmes de l'empirisme*, un nouvel holisme qui acquiert un sens plus large que celui de Duhem. Il présente la connaissance comme un vaste champ de force, qui lie les connaissances dans des relations d'interdépendance. La thèse Duhem-Quine contribue ainsi à attirer l'attention du monde sur l'épistémologie de Duhem. Les années soixante témoignent de cette reconnaissance, quand Kuhn, Lakatos et Feyerabend proclament l'importance de la contribution duhémienne pour la philosophie des sciences. De plus, Kuhn considère les travaux de Duhem parmi les facteurs qui ont contribué à l'émergence de l'histoire des sciences en tant que discipline :

> « La quête de Duhem des sources de la science moderne révéla l'existence d'une tradition dans la pensée physique médiéval qui, contrairement à la physique d'Aristote, joua indéniablement un rôle majeur dans la transformation de la théorie physique qui eut lieu au XVIIe siècle. Plus que tout autre, ce défi a forgé l'historiographie moderne de la science »[102].

Quand Kuhn développe sa propre épistémologie qui considère « le paradigme » comme un outil structural pour saisir les situations historiques qui se présentent, il s'accorde avec Duhem à propos de l'importance de l'histoire des sciences, mais donne à la notion de nouvelles extensions liées aux facteurs sociologiques qui influencent la marche de la science.

102. Th. KUHN, *La tension essentielle*, p. 161.

Conclusion

Ce que nous pouvons conclure, c'est que malgré les divergences entre l'approche duhémienne de l'épistémologie et de son contexte historique par rapport aux autres épistémologies ultérieures, elle a réussi à laisser un héritage conceptuel et historique qui pourra être considéré comme origine pour toutes les épistémologies ultérieures quel que soit leur choix méthodologique.

Elle est épistémologie historique en ce sens qu'elle est heuristique ; elle détecte les éléments invariables, les structures, qui peuvent servir à reconstruire les théories de la science. Elle est purificatrice, elle purifie et clarifie les concepts. Ce rôle, elle l'a joué quand Duhem chercha à reconstruire sa propre théorie physique. Elle est pour son projet scientifique légitimatrice ; elle a voulu trouver des justifications rationnelles pour son projet. Elle est épistémologie historique aussi en ce sens qu'elle nous offre une exploration historique de multiples significations et manifestations scientifiques.

Bibliographie

[1] *Dictionnaire d'histoire et philosophie des sciences* / publié sous la direction de Dominique LECOURT. – Paris : Presses universitaires de France, 1999. – XXII, 1032 p.

[2] *L'épistémologie française, 1830-1970* / sous la direction de Michel BITBOL et Jean GAYON, en collaboration avec Paula QUINON-BUCHOLC et Manuel QUINON. – Paris : Presses universitaires de France, 2006. – VII, 501 p. – (Science, histoire et société).

[3] BACHELARD (Gaston), *L'actualité de l'histoire des sciences*. – Paris : Palais de la Découverte, 1951.

[4] ———, *La formation de l'esprit scientifique*. – Paris : Vrin, 1938.

[5] ———, *Le nouvel esprit scientifique*. – Paris : Presses universitaires de France, 1934.

[6] BLANCHÉ (Robert), *L'épistémologie*. – Paris : Presses universitaires de France, 1972. – (Que sais-je ?).

[7] BRENNER (Anastasios), *Les origines françaises de la philosophie des sciences*. – Paris : Presses universitaires de France, 2003. – VIII, 224 p. – (Science, histoire et société).

[8] CANGUILHEM (Georges), *Études d'histoire et de philosophie des sciences*. – Paris : Vrin, 1983.

[9] COMTE (Auguste), *Cours de philosophie positive : 1re et 2e leçons (1830-1842)*. – Paris : Librairie Larousse, 1936.

[10] CONDORCET, *Esquisse d'un tableau des progrès de l'esprit humain*. – Paris : Flammarion, 1988.

[11] DASTON (Lorraine), *L'économie morale des sciences modernes : jugements, émotions et valeurs* / traduit de l'anglais par Samuel LÉZÉ ; présenté par Stéphane VAN DAMME. – Paris : La Découverte, 2014. – 126 p. – (Futurs antérieurs).

[12] DASTON (Lorraine) – GALISON (Peter Louis), *Objectivité* / préface de Bruno LATOUR ; [traduit de l'anglais par Sophie RENAUT et Hélène QUINIOU]. – [Dijon] : Les Presses du réel, 2012. – 581 p. – (Fabula).

[13] DUHEM (Pierre), *À propos d'une thèse de physique*, in *Revue philomathique de Bordeaux et du Sud-Ouest*, 1re année, 1er septembre 1898, n°10, pp. 483-492 ; 1er octobre 1898, n°11, pp. 516-523.

[14] ———, *Commentaire aux principes de la thermodynamique*. – 1re partie : *Le principe de la conservation de l'énergie*, in *Journal de mathématiques pures et appliquées*, 4e série, t. 8, 1892, n°3, pp. 269-330.

[15] ———, *L'évolution de la mécanique*, dans P. DUHEM, *L'évolution de la mécanique, [suivi de] Les théories de la chaleur [et de] Analyse de l'ouvrage de Ernst Mach : « La mécanique »* / introduction et établissement du texte par Anastasios BRENNER ; avant-propos de Paul GERMAIN. – Paris : Librairie philosophique J. Vrin, 1992. – pp. 1-348. – (Mathesis).

[16] ———, *La théorie physique : son objet, sa structure* / introduction, index et bibliographie par Paul BROUZENG. – Paris : Librairie philosophique J. Vrin, 2007. – 478 p. – (Bibliothèque des textes philosophiques : Poche).

[17] ———, *Les théories de la chaleur*, dans P. DUHEM, *L'évolution de la mécanique, [suivi de] Les théories de la chaleur [et de] Analyse de l'ouvrage*

de Ernst Mach : « La mécanique » / introduction et établissement du texte par Anastasios BRENNER ; avant-propos de Paul GERMAIN. – Paris : Librairie philosophique J. Vrin, 1992. – pp. 351-441. – (Mathesis).

[18] ———, *Notice sur les titres et travaux scientifiques de Pierre Duhem*. – Bordeaux : Imprimeries Gounouilhou, 1913. – 125 p.

[19] ———, *Le mixte et la combinaison chimique : essai sur l'évolution d'une idée* / texte revu par Isabelle STENGERS. – [Paris] : Librairie Arthème Fayard, 1985. – 187 p. – (Corpus des œuvres de philosophie en langue française).

[20] ———, *Les* origines *de la statique : les sources des théories physiques*. – Tome 1. – Paris : Librairie scientifique A. Hermann, 1905. – IV, 360 p.

[21] ———, *Les origines* de *la statique : les sources des théories physiques*. – Tome 2. – Paris : Librairie scientifique A. Hermann, 1906. – VIII, 364 p.

[22] ———, *Quelques réflexions au sujet des théories physiques*, in *Revue des questions scientifiques*, 16e année, vol. 31 (2e série, vol. 1), 1892, pp. 139-177.

[23] FOUCAULT (Michel), *La vie : l'expérience et la science*, in *Revue de métaphysique et de morale*, 90e année, 1985, n°1, pp. 3-14.

[24] KANT (Emmanuel), *Critique de la raison pure* / traduction française avec notes par A. TREMESAYGUES et B. PACAUD ; préface de Charles SERRUS. – 4e édition. – Paris : Presses universitaires de France, 1965. – XXXII, 586 p. – (Bibliothèque de philosophie contemporaine).

[25] KOYRÉ (Alexandre), *Du monde clos à l'univers infini* / traduit de l'anglais par Raïssa TARR. – [Paris] : Éditions Gallimard, 1973. – 349 p. – (Idées ; 301).

[26] ———, *Études galiléennes*. – 4e tirage. – Paris : Hermann éditeurs des sciences et des arts, 1986. – 341 p.

[27] KUHN (Thomas S.), *La tension essentielle : tradition et changement dans les sciences* / traduit de l'anglais par Michel BIEZUNSKI, Pierre JACOB, Andrée LYOTARD-MAYet Gilbert VOYAT. – Paris : Éditions Gallimard, 1990. – 480 p. – (Bibliothèque des sciences humaines).

[28] LAKATOS (Imre), *Histoire et méthodologie des sciences : programmes de recherche et reconstruction rationnelle* / traduction de l'anglais par Catherine MALAMOUDET Jean-Fabien SPITZ sous la direction de Luce GIARD ;

introduction de Luce GIARD. – Paris : Presses universitaires de France, 1994. – XLIII, 268 p. – (Bibliothèque d'histoire des sciences).

[29] LECOURT (Dominique), *L'épistémologie historique de Gaston Bachelard* / avant-propos de Georges CANGUILHEM. – 11e tirage augmenté d'une post-face. – Paris : J. Vrin, 2002. – 123 p. – (Bibliothèque d'histoire de la philosophie).

[30] LE ROY (Édouard), *Un positivisme nouveau*, in *Revue de métaphysique et de morale*, vol. 9, 1901, pp. 138-153.

[31] MAIOCCHI (Roberto), *Chimica e filosofia, scienza, epistemologia, storia e religione nell'opera di Pierre Duhem*. – Firenze : La nuova Italia editrice, 1985. – XII, 445 p. – (Pubblicazioni della Facoltà di lettere e filosofia dell'Università di Milano ; 110 : Sezione a cura del Dipartimento di filosofia ; 5).

[32] MANVILLE (Octave), *La physique de Pierre Duhem*, dans *L'œuvre scientifique de Pierre Duhem*. – Bordeaux : Feret et Fils libraires, 1927. – pp. 3-464.

[33] MILHAUD (Gaston), *Le positivisme et le progrès de l'esprit : études critiques sur Auguste Comte*. – Paris : F. Alcan, 1902. – 234 p.

[34] ———, *Leçons sur les origines de la science grecque*. – Paris : F. Alcan, 1893. – 306 p.

[35] ———, *Les philosophes-géomètres de la Grèce : Platon et ses prédécesseurs*. – Paris : F. Alcan, 1900. – 387 p.

[36] ———, *Nouvelles études sur l'histoire de la pensée scientifique*. – Paris : F. Alcan, 1911. – 237 p.

[37] PICARD (Émile), *La science moderne et son état actuel*. – Paris : Ernest Flammarion, 1921. – 301 p.

[38] RANKINE (W. J. M.), *Outlines of the Science of Energetics*, dans W. J. M. RANKINE, *Miscellaneous Scientific Papers* / edited by W. G. MILLAR. – London : Charles Griffin, 1881. – pp. 209-228.

[39] ROUSSEAU (Jean-Jacques), *Discours sur l'origine et les fondements de l'inégalité parmi les hommes*. – Paris : Gallimard, 2014. – (Folio-essais ; 18).

De Cournot à Duhem : la naissance d'une tradition critique

Stefano BORDONI[1]

Université de Bologna – Université de Urbino

Résumé. — Pierre Duhem peut être considéré comme le point d'arrivée d'une tradition. En effet, l'alliance entre une histoire sophistiquée de la science et une philosophie sophistiquée de la science émergea à partir des années 1860 dans les pays de langue française. Dans les textes de Claude Bernard, nous rencontrons des références à Pascal, qui deviendront plus fréquentes dans ses derniers écrits. Antoine-Augustin Cournot s'était déjà concentré sur la nouvelle perspective méthodologique et épistémologique ouverte par les sciences de la vie, qui le conduisit à une épistémologie probabiliste, une épistémologie pascalienne qui constitue un troisième chemin entre le dogmatisme et le scepticisme. Aussi, à propos du concept de *classification naturelle* développé par Duhem, nous trouvons des discussions explicites déjà chez Comte, Cournot et Émile Boutroux. En général, le concept duhémien de théorie physique avait déjà été ébauché par Bernard et Ernest Naville. Ce dernier, en particulier, soutenait une conception dynamique de l'entreprise scientifique : la nature provisoire des théories était la force progressive de la science.

Abstract. — Pierre Duhem may be looked upon as the end point of a tradition. Indeed, an alliance between the refined history of science and the sophisticated philosophy of science had already been forged in francophone countries in the 1860s. Between 1892 and 1896 Duhem put forward various physical theories and meta-theoretical theses that led him to re-evaluate Aristotle's natural philosophy and Pascal's epistemology. In the works of Claude Bernard we also encounter

1. Courriel : stefano.bordoni@gmail.com – stefano.bordoni2@unibo.it

BORDONI (Stefano), *De Cournot à Duhem : la naissance d'une tradition critique*, dans *Pierre Duhem, cent ans plus tard (1916-2016) : actes de la journée d'étude internationale tenue à Tunis le 10 mars 2016, suivis de l'édition française de l'« Histoire de la physique » (1911) de Pierre Duhem* / édités par Jean-François STOFFEL avec la collaboration de Souad BEN ALI. – Tunis : Université de Tunis, 2017. – pp. 59-93.

references to Pascal that were to become more frequent and pronounced in the last pieces he wrote. Antoine Augustin Cournot, using as a starting point the recently systematised life sciences, which had already provided new epistemological and methodological perspectives, elaborated a probabilistic epistemology providing a Pascalian middle ground between scepticism and dogmatism. As was the case with Comte, Émile Boutroux and Cournot, Duhem also discussed the concept of natural classification. His reflections on the concept of physical theory had already, for the most part, been outlined by Bernard and Ernest Naville. The latter, in particular, endorsed a dynamic view of scientific practice. Since such theories represented the most variable component of science due to their provisional nature, they became the actual driving force of scientific progress.

Il y a une tradition d'études sur Pierre Duhem qui s'est concentrée sur l'influence exercée par ce savant sur la philosophie de la science du XXe siècle. Lors de la présentation de la présente journée d'études, les organisateurs ont mentionné cette influence. Duhem a été « … une source d'inspiration pour tous les philosophes qui lui succèdent et qui vont s'appuyer sur ses concepts de théorie physique, de traduction, d'expérience, de classification naturelle, d'économie intellectuelle ». Ils ont aussi souligné qu'il a été « … une source d'investigations et d'exploitations, par Abel Rey, Meyerson, poursuivies par Koyré, Quine, Kuhn, Lakatos, et plusieurs autres philosophes ».

On a donc étudié Duhem en soi-même — comme historien et comme philosophe, c'est-à-dire autrement que comme physicien —, mais aussi comme inspirateur d'autres historiens et d'autres philosophes. Duhem a été vu comme un des points de départ pour le développement de la philosophie de la science et de la professionnalisation de la discipline. Mon projet de recherche est différent : je voudrais présenter Duhem comme le point d'arrivée d'une tradition. Je voudrais me concentrer sur les premières étapes de Duhem en tant qu'historien et philosophe, en l'occurrence sur les années qui vont de 1892 à 1896, pour retrouver, dans sa pensée, quelques influences des savants et philosophes qui l'ont précédé.

Je me concentrerai sur les influences exercées sur la philosophie de la science de Duhem par une tradition critique antérieure qui s'était

développée dans les pays de langue française dans la deuxième moitié du XIXe siècle. Lors de précédents articles, j'ai étudié la physique de Duhem et les influences exercées, sur sa théorie générale de la thermodynamique, par les savants qui l'avaient précédé[2].

Dans la première partie de cet article, je me concentrerai sur l'émergence, pendant les années 1892-1896, des tendances aristotéliciennes et pascaliennes dans la physique et la philosophie de Duhem. Dans la deuxième partie, j'essayerai de répondre aux questions suivantes : pouvons-nous remonter à l'origine de la réévaluation des traditions aristotéliciennes et pascaliennes ? Quels sont les savants et les philosophes qui ont créé la tradition critique de la philosophie de la science dans les pays de langue française ?

I. Duhem comme héritier d'une tradition

Il faut que je dise d'abord que les historiens de la science, et surtout les philosophes de la science, n'ont pas étudié systématiquement la naissance d'une historiographie et d'une épistémologie sophistiquées dans les pays de langue française dans la deuxième moitié du XIXe siècle.

En décembre 2010, une conférence internationale intitulée « Epistemologie und Geschichte » fut organisée à Berlin par le Max-Planck-Institut für Wissenschaftsgeschichte et l'Institut d'histoire et de philosophie des sciences de l'Université Paris 1. En remontant à l'origine de l'alliance entre l'histoire et la philosophie de la science, et donc à l'origine de l'*épistémologie historique*, les historiens et les philosophes plaçaient cette origine en France pendant la décennie 1930. Ils faisaient

2. Cf. S. BORDONI, *Unearthing a buried memory* ; S. BORDONI, *Taming complexity* ; S. BORDONI, *Routes towards an abstract thermodynamics in the late nineteenth century* ; S. BORDONI, *La science de la thermodynamique dans la deuxième moitié du dix-neuvième siècle* et S. BORDONI, *Pierre Duhem le physicien et la recherche d'une thermodynamique rationnelle*.

explicitement référence à deux noms bien connus : Gaston Bachelard et Georges Canguilhem. D'autres savants et philosophes ont partagé cette opinion : je me bornerai à rappeler Hans-Jörg Rheinberger et Cristina Chimisso. Anastasios Brenner a préféré placer l'origine de la philosophie de la science, « comme elle est pratiquée aujourd'hui », à la fin du XIXe siècle dans les textes de Duhem, Poincaré et Milhaud[3].

J'avance la thèse que l'alliance entre une histoire sophistiquée de la science et une philosophie sophistiquée de la science émergea à partir des années 1860 dans les pays de langue française. Durant ces années, une pratique intellectuelle sophistiquée commença à rivaliser avec des reconstructions historiques très naïves et avec des conceptions dogmatiques de l'entreprise scientifique[4].

* * *

Duhem a toujours mentionné les savants qui l'ont précédé dans la recherche d'une théorie physique générale : d'abord Rudolf Clausius, et ensuite François Massieu, Joshia Willard Gibbs, Hermann von Helmholtz, Arthur von Oettingen, … Pour l'historien ou le philosophe qui n'a pas étudié en détail le sujet, certains noms lui sembleront probablement inconnus, mais la liste de ces noms nous montre que Duhem connaissait et reconnaissait l'existence d'une tradition. Il a aussi reconnu le rôle joué par Lagrange, le père de la Mécanique analytique, dans le développement d'une physique qui s'était libérée du joug des modèles mécaniques microscopiques.

---

3. *Epistemology and History*, p. 7 ; H. J. RHEINBERGER, *On Historicizing Epistemology*, p. 1 et pp. 3-4 ; J.-F. BRAUNSTEIN, *Historical Epistemology, Old and New*, p. 38 ; C. CHIMISSO, *Writing the History of the Mind*, pp. 1-2 et pp. 5-6 ; A. BRENNER, *Les origines françaises de la philosophie des sciences*, p. 1, 2, 4-5 et pp. 7-8.
4. David Knight, dans une brève *Introduction* au livre de Chimisso, soulignait la spécificité de l'histoire et de la philosophie de la science françaises (D. KNIGHT, *Series editor's introduction*, p. VII).

Nous pourrions dire que Duhem a avancé une reconstruction historique de la tradition physique qu'il a contribuée à développer. Au contraire, dans les articles que Duhem a publiés surtout dans la *Revue des questions scientifiques* de 1892 à 1896, nous ne trouvons pas la description d'une tradition récente ; nous ne trouvons pas la reconstruction historique de cette tradition critique sur la science qui avait commencé à se développer pendant la deuxième moitié du siècle. Cette différence semble encore plus curieuse quand nous remarquons que la naissance d'une thermodynamique abstraite et la naissance d'une philosophie critique sur les sciences sont apparues en même temps, autour de 1860.

Pourquoi deux comportements aussi différents ? Sûrement pas parce que Duhem ne voulait pas reconnaître les mérites des savants et des philosophes qui l'avaient précédés. À ma connaissance, il n'a jamais manqué de reconnaître ce qu'il devait aux savants qui avaient développé la thermodynamique. Probablement, la réponse se trouve dans la diversité des paysages scientifiques et philosophiques. Les tendances scientifiques étaient bien déterminées tandis que les tendances philosophiques étaient plus fragmentées et plus difficiles à classifier. Il y a, peut-être, une autre raison pour le relatif silence duhémien à l'égard de l'émergence d'une tradition critique : la philosophie de la science de Duhem naquit de ses recherches en physique théorique plutôt que d'une réflexion philosophique indépendante de toute recherche scientifique.

Il y a donc une dette réelle de Duhem envers les philosophes et les savants qui l'ont précédé, mais qui est purement virtuelle, parce qu'elle ne correspondait pas à une influence directe et sciemment reçue. En réalité, je pense qu'il y a eu, pour la philosophie de la science de Duhem, deux sources différentes : ses recherches scientifiques ont été sûrement la première, mais il y a aussi une autre source plus spécifiquement philosophique. Plus précisément, ses recherches scientifiques l'ont conduit à la tradition aristotélicienne, à la réévaluation et à la réinterprétation de cette tradition. C'est un mouvement intellectuel qui

l'a conduit de la science à la philosophie. La deuxième source, c'est-à-dire la source proprement philosophique, vient de Pascal : elle marque la profonde contiguïté de Duhem avec l'épistémologie de Pascal.

Je soutiens que Duhem a trouvé chez Aristote la conscience de la complexité du monde physique et qu'il a trouvé chez Pascal la conscience de la complexité de l'entreprise scientifique, en particulier sa nature intrinsèquement provisoire et incomplète.

1. Aristote dans les premiers textes physiques de Duhem

En 1894, dans la troisième partie de son *Commentaire aux principes de la Thermodynamique* publiée dans le *Journal de Mathématiques pures et appliquées*, Duhem étonna probablement ses lecteurs par sa référence à une interprétation aristotélicienne du mot « mouvement » : non seulement le mouvement était considéré comme un processus cinématique, mais également comme une transformation en général. Il convient de citer tout le passage de Duhem :

> « Nous prenons, dans ce Chapitre, le mot *mouvement* pour désigner non seulement un changement de position dans l'espace, mais encore un changement d'état quelconque, lors même qu'il ne serait accompagné d'aucun déplacement. […] De la sorte, le mot *mouvement* s'oppose non pas au mot *repos*, mais au mot *équilibre*. »[5]

Pour sa thermodynamique généralisée, Duhem choisit une généralisation du lexique mécanique traditionnel. L'équilibre thermique d'un système physique était perturbé par des actions qui étaient la généralisation du frottement et de la viscosité mécaniques. Il a transformé le sens des concepts et des termes de la mécanique, afin de mettre en place une nouvelle physique généralisée qui prétendait avoir l'ampleur de la

5. P. DUHEM, *Commentaire aux principes de la thermodynamique (3)*, p. 222.

philosophie naturelle d'Aristote. Les résistances généralisées lui permettaient de réinterpréter l'entropie : aucune transformation dans les systèmes isolés ne pourrait « faire décroître l'entropie » d'un système[6].

Dans les phénomènes naturels, le concept de dissipation thermique était ainsi traduit en termes de dissipation mécanique. Le deuxième principe de la thermodynamique avait donc reçu une interprétation mécanique, mais cette interprétation était mécanique dans un sens qu'il convient de préciser avec soin. Il ne s'agissait pas d'une explication ou d'une réduction des effets thermodynamiques macroscopiques au moyen d'une mécanique microscopique. Nous trouvons une réinterprétation mécanique macroscopique, liée à une réinterprétation du mot « mouvement » dans une nouvelle perspective aristotélicienne.

En 1896, dans le livre *Théorie thermodynamique de la viscosité, du frottement et des faux équilibres chimiques*, Duhem essaya de construire une structure mathématique aussi générale que souple, qui pourrait s'adapter aux particularités des systèmes spécifiques et qui pourrait être progressivement élargie afin de rendre compte de phénomènes d'une complexité croissante. D'un point de vue structurel, chaque équation était la somme de cinq termes : forces ou actions généralisées, les dérivés du potentiel thermodynamique, les termes d'inertie, les termes visqueux, et les termes qui représentaient la généralisation du frottement statique[7].

Plus spécifiquement, dans la deuxième partie de son livre, il essaya de décrire mathématiquement quelques processus spécifiques propres à la chimie[8]. Ces dernières équations contenaient trois types de termes : le premier correspondait aux dérivés d'un potentiel thermodynamique,

---

6. P. DUHEM, *Commentaire aux principes de la thermodynamique (3)*, pp. 223-224 et p. 229.
7. P. DUHEM, *Théorie thermodynamique de la viscosité…*, pp. 72-75. Des termes mathématiques de ce genre avaient déjà été mis en avant dans les articles scientifiques de Duhem sur l'hystérésis (cf. P. DUHEM, *Sur les déformations permanentes et l'hystérésis*, 2e mémoire et 3e mémoire).
8. P. DUHEM, *Théorie thermodynamique de la viscosité…*, pp. 89-91.

et les deux autres correspondaient aux deux types de dissipation. Il est intéressant de remarquer que Duhem avait ajouté les termes de dissipation aux équations de Lagrange afin de généraliser la mécanique analytique. Quand il adapta la structure mathématique générale aux phénomènes chimiques, aucun terme d'inertie ne pouvait apparaître, alors que les termes de dissipation étaient mis en avant. D'une certaine manière, la mécanique analytique traditionnelle et la chimie représentaient deux pôles opposés au sein du nouveau cadre formel.

Duhem était intéressé à dériver « la vitesse de transformation du système » ou, en d'autres termes, « la vitesse d'une réaction » chimique. Cette « vitesse » généralisée pouvait augmenter quand la « viscosité » généralisée diminuait, à savoir lorsque le système approchait du comportement thermodynamique classique[9]. En particulier, lorsque la viscosité généralisée disparaissait, la vitesse devenait infinie. Les équations générales que Duhem avait mises en avant contenaient aussi bien les termes d'inertie que les deux termes dissipatifs. Quand il laissait tomber les termes de dissipation, une réinterprétation de la mécanique traditionnelle émergeait. Quand il laissait tomber les termes d'inertie, certaines simplifications mathématiques le conduisaient à une nouvelle mécanique des processus chimiques.

La mécanique pure et les réactions chimiques représentaient alors les pôles opposés de l'énergétique de Duhem. Le pouvoir unificateur des équations duhémiennes pouvait englober la physique et la chimie dans un cadre mathématique commun : la physique et la chimie apparaissaient comme des développements différents d'une structure formelle très générale. Cette structure mathématique flexible pouvait inclure à la fois la science antique et moderne, la mécanique classique et une nouvelle mécanique chimique. Duhem soulignait que la nouvelle

9. P. DUHEM, *Théorie thermodynamique de la viscosité…*, pp. 128-131.

mécanique chimique pouvait être considérée comme une réinterprétation de la philosophie naturelle d'Aristote[10].

2. Aristote dans les premiers textes philosophiques de Duhem

La même année, dans l'article *L'évolution des théories physiques du XVIIe siècle jusqu'à nos jours* publié dans la *Revue des questions scientifiques*, Duhem précisa que quelques éléments de la philosophie naturelle d'Aristote étaient en opposition avec des contenus spécifiques de la physique moderne. Néanmoins, il y avait une extraordinaire analogie structurelle entre l'ancienne philosophie naturelle et la théorie moderne des transformations chimique et des transformations physiques irréversibles.

Selon Duhem, dès le XVIIe siècle, la nouvelle philosophie mécanique à tendance empiriste avait estimé que le *Novum Organum* de Francis Bacon pouvait remplacer l'*Organon* d'Aristote. À la suite de Descartes, la nouvelle philosophie mécaniste à tendance rationaliste avait prétendu bannir les qualités de l'étude des phénomènes naturels et les remplacer par de simples représentations géométriques et cinématiques. D'une certaine façon, les pères fondateurs de la science moderne avaient, en rejetant la Scolastique la plus stérile, rejeté la totalité de ce qui demeurait une puissante philosophie naturelle[11].

Duhem pensait que sa mécanique généralisée avait réalisé une nouvelle alliance entre la tradition aristotélicienne, la tradition plus récente de la mécanique analytique, et les développements, encore plus récents, de la thermodynamique. Sa mécanique généralisée avait été accomplie au moyen de deux processus intellectuels : d'une part, la réévaluation et la réinterprétation de la tradition aristotélicienne et, d'autre part, les

10. P. DUHEM, *Théorie thermodynamique de la viscosité…*, p. 205.
11. P. DUHEM, *L'évolution des théories physiques du XVIIe siècle jusqu'à nos jours*, p. 203 et pp. 205-206. Duhem attribuait à Galilée la naissance de la science moderne : il avait montré « comment il fallait conduire une expérience, comment il fallait en interpréter les résultats… » (*Ibidem*, p. 205).

efforts des mathématiciens et des expérimentateurs durant les derniers trois siècles. Dans son *Énergétique* ou mécanique généralisée, il voyait une audacieuse alliance entre la philosophie naturelle d'Aristote, la géométrisation abstraite de Descartes, et « la mathématique universelle » de Leibniz.

La physique théorique, l'histoire de la physique, et les remarques métathéoriques sur la science étaient mutuellement interconnectées dans la praxis scientifique de Duhem. En particulier, il gardait ensemble ce que les spécialistes allaient ensuite diviser en deux sujets différents, à savoir l'histoire et la philosophie des sciences. Son but d'unification entre la mécanique, la thermodynamique et la chimie, ainsi que sa réinterprétation de la philosophie naturelle aristotélicienne, pouvait être poursuivi seulement par un scientifique doté d'une maîtrise profonde de la physique, d'une bonne connaissance de l'histoire, et d'une subtile sensibilité philosophique.

3. Pascal dans les premiers textes philosophiques de Duhem

Parmi les savants modernes, Duhem attribuait à Descartes l'attitude qui consistait à franchir allègrement la frontière entre science et métaphysique. Descartes avait influencé Huygens, mais il n'avait pas réussi à influencer Pascal et Newton. Malheureusement, la pleine conscience de ce franchissement problématique s'était affaiblie durant les XVIIIe et XIXe siècles[12].

Selon Duhem, une vérité scientifique permanente ne pouvait jamais être atteinte. Grâce à son imagination, Pascal avait réussi à expliquer cette vérité en comparant la vérité à un point si subtile « que nos instruments sont trop mousses pour y toucher exactement ». Notre raison

---

12. P. DUHEM, *Physique et métaphysique,* pp. 100-104 et p. 108. Dans l'*Analytique Postérieure,* Aristote avait souligné l'indépendance entre les procédures déductives fondées sur certaines hypothèses et la vérité ou réalité des hypothèses. Quelques pères fondateurs de la science moderne pensaient qu'on pouvait aisément combler l'écart entre les lois de l'esprit et le contenu de l'expérience.

est trop grossière : quand elle arrive près de la vérité, elle est comme une pointe émoussée, qui s'appuie « tout autour, plus sur le faux que sur le vrai ». Une connaissance parfaite était insaisissable et la recherche d'une plus grande précision pouvait conduire, en réalité, à une plus grande indétermination[13].

L'attitude de Duhem peut être qualifiée d'anti-mécaniste et d'anti-réductionniste. Encore une fois, il recourut à Pascal et à son ironie : le talentueux mathématicien et philosophe s'était moqué du mécanicisme et du réductionnisme en recourant à la plus éblouissante mythologie du XVIIe siècle, à savoir celle assimilant l'image du monde à une montre. Selon Pascal, il faudrait dire « en gros » que « cela se fait par figure et mouvement », mais comment pouvait-on dire quels mouvements étaient exactement impliqués ? Et encore, comment pouvait-on « composer la machine » à partir des figures et mouvements qui la composaient ? Pascal remarquait que nous pouvons imaginer un modèle mécanique pour chaque phénomène physique. Nous pourrions même imaginer de réduire un corps à ces éléments fondamentaux en termes de géométrie et de mouvement, mais comment pourrions-nous être sûrs que les éléments sont réellement fondamentaux et comment pourrions-nous construire la structure entière à partir de ces éléments[14] ?

---

13. P. Duhem, *Quelques réflexions au sujet de la physique expérimentale*, p. 46 et p. 51. Cf. Bl. PASCAL, *Pensées*, p. 76 : « La justice et la vérité sont deux pointes si subtiles, que nos instruments sont trop mousses pour y toucher exactement. S'ils y arrivent, ils en écachent la pointe, et appuient tout autour, plus sur le faux que sur le vrai. »
14. P. DUHEM, *Les théories de l'optique*, pp. 121-122. Le passage de Pascal était adressé à Descartes : « Il faut dire en gros : cela se fait par figure et mouvement, car elle est vrai. Mais de dire quels, et composer la machine, cela est ridicule. Car cela est inutile et incertain et pénible. Et quand cela serait vrai, nous n'estimons pas que toute la philosophie vaille une heure de peine. » (Bl. PASCAL, *Pensées* / édit. Brunschvicg, p. 72 [Pensée 79-84] ; on renvoie aussi à Bl. PASCAL, *Pensées* / édit. Lafuma, vol. 1, p. 66 [Pensée 84-174]).

Duhem rappelait à ses lecteurs qu'au XVIIe siècle, selon le mécanisme radical, la nature pouvait être démontée comme une montre mécanique et expliquée comme on le fait pour le mécanisme d'un moulin. On pensait que la physique pouvait être réduite à la géométrie, ou mieux, à la géométrie et à la cinématique. Bien que cette étape de l'histoire de la science fût considérée comme une transformation révolutionnaire, en réalité elle correspondait à une nouvelle Scolastique. Les adeptes de Descartes essayaient d'expliquer des phénomènes qu'ils ne comprenaient pas au moyen de machineries les plus compliquées. Encore une fois, Duhem recourut à Pascal et à sa tranchante philosophie : le réductionnisme mécanique était « inutile et incertain et pénible ». Et même si elle pût fonctionner, Pascal n'estimait pas que cette philosophie-là valût « une heure de peine. »[15].

En 1906, dans *La théorie physique : son objet, sa structure*, nous trouvons une réévaluation des points de vue d'Aristote et de Pascal sur la connaissance du monde naturel. Une théorie physique ne pouvait pas être « *une explication* », mais simplement « *un système de propositions mathématiques déduit d'un petit nombre de principes* » qui avait pour but de « *représenter aussi simplement, aussi complètement et aussi exactement que possible, un ensemble de lois expérimentales* ». Dans le même temps, une théorie physique était quelque chose de plus qu'une simple alliance entre les structures mathématiques et les lois empiriques. Il y avait aussi un échafaudage conceptuel où « le sens commun et la logique mathématique ... se mêlent les uns aux autres, d'une manière inextricable », afin de saisir « des affinités réelles entre les choses mêmes ». La fiabilité de ce réseau conceptuel ne dépendait ni des procédures empiriques ni des procédures formelles. Elle était

15. P. DUHEM, *L'évolution des théories physiques du XVIIe siècle jusqu'à nos jours*, pp. 209-211. Pour le passage complet de Pascal, voir la note précédente.

liée à l'*esprit de finesse* de Pascal : elle était une sensibilité métathéorique qui aidait les scientifiques à surmonter la tension essentielle entre le « Dogmatisme » et le « Pyrrhonisme »[16].

Nous savons que, dans plusieurs passages de son livre, Duhem mentionna et cita explicitement Pascal qui a constitué, pour lui, un point de repère méthodologique important. En 1922, le mathématicien français Émile Picard affirma que Pascal était la référence la plus significative de la théorie de la connaissance de Duhem. Il souligna aussi l'importance de Pascal dans le contexte duhémien spécifique de la physique des milieux continus. Durant ces dernières décennies, quelques historiens ont remarqué que la référence de Duhem à Pascal n'avait pas été appréciée ni par « les athées positivistes ... pour qui la science offrait un paradigme fiable de la connaissance », ni par « les apologistes catholiques de formation néo-scolastique ». Ces derniers « demandaient une science fiable pour soutenir leur théologie naturelle » et craignaient que « le scepticisme par rapport à chaque branche de la connaissance impliquât également le scepticisme religieux ». Le « défi pascalien » que Duhem avait accepté le conduisit à la recherche d'un « juste équilibre pour la science, une position médiane entre un réalisme exclusif et un phénoménalisme désespéré »[17].

II. Une ébauche de l'histoire et de la philosophie de la science avant Duhem

Dans cette deuxième partie, je reprends la question posée initialement : où pouvons-nous retracer la réévaluation des traditions aristotéliciennes et pascaliennes ? Ma réponse est qu'il y a eu *une tradition critique* qui relie Antoine-Augustin Cournot à Pierre Duhem pendant

16. P. DUHEM, *La théorie physique*, pp. 1-2, 26, 36, 439 et p. 444 ; J.-Fr. STOFFEL, *Pierre Duhem : un savant-philosophe dans le sillage de Blaise Pascal*.
17. E. PICARD, *La vie et l'œuvre de Pierre Duhem*, p. CXXX et pp. CXXXV-CXXXVII ; R. N. D. MARTIN, *Pierre Duhem*, p. 68, 90 et p. 115 ; J.-Fr. STOFFEL, *Le phénoménalisme problématique de Pierre Duhem*, p. 196 et p. 345.

la deuxième moitié du XIX[e] siècle. Pour le montrer, je me concentrerai sur quelques thèses et concepts qui ont été développés par Duhem et que nous pouvons déjà rencontrer dans les textes de quelques savants et philosophes du demi-siècle qui le précède, en particulier depuis la décennie 1830-1840 jusqu'à la décennie 1880-1890.

Je voudrais analyser aussi bien le concept de classification naturelle que le concept de théorie physique, en particulier sa nature et sa fertilité. Le concept de classification naturelle est peut-être le concept qui a permis à Duhem de rester partiellement ancré dans le réalisme scientifique ; en même temps, il est probablement le concept le plus problématique. Le concept de théorie physique, avec ses rapports avec les pratiques empiriques et la métaphysique, est l'un des plus complexes, sophistiqués et fructueux concepts de Duhem. Enfin, je voudrais faire quelques références à Aristote et à Pascal et, plus généralement, quelques références à une philosophie de la nature qui a toujours été minoritaire dans l'histoire de la science, parce qu'elle a toujours été loin de tout triomphalisme scientifique.

Parmi les philosophes et les savants qui ont développé une histoire et une philosophie de la science avant Duhem et qui ont *objectivement* exercé une influence sur lui, je voudrais mentionner Auguste Comte (1798-1857), le fondateur bien connu du *positivisme*, Antoine Augustin Cournot (1801-1877), le mathématicien, économiste et philosophe qui le premier avança une philosophie de la science sophistiquée en France, Claude Bernard (1813-1878), le physiologiste qui réussit à imposer la physiologie comme une science, Émile Boutroux (1845-1921), le philosophe qui connaissait la science et avança un programme systématique antiréductionniste, et enfin Ernest Naville (1816-1909), le philosophe et théologien Suisse qui s'aventura à faire une reconstruction historique et critique de la physique.

Comte peut être considéré comme le père du *scientisme* qui conquit l'hégémonie culturelle dans la deuxième moitié du XIX[e] siècle. Cette idéologie reposait sur deux piliers : la fatalité du progrès social et

l'étroite connexion entre progrès social et progrès scientifique. Il est important de remarquer que la confiance en un progrès scientifique continu naquit avant le développement des technologies qui modifièrent la vie sociale dans les dernières décennies du siècle[18]. Dès le *Cours de philosophie positive* publié par Comte entre 1830 et 1842, les développements scientifiques représentaient la troisième étape de l'histoire de la civilisation. Cette étape avait été précédée par l'étape théologique et puis l'étape métaphysique, durant laquelle les mathématiques et la philosophie s'étaient développées. Selon Comte, seulement la troisième et dernière étape était vraiment *positive*, c'est-à-dire fondée sur une véritable pratique expérimentale. Même cette ébauche historiographique était considérée *positive* par Comte, parce qu'elle se fondait sur une observation pratique précise de l'histoire[19]. Il négligeait le fait que fréquemment, dans l'histoire de la science, le développement scientifique avait été déclenché par des hypothèses métaphysiques explicites ou implicites[20].

En 1861, Cournot proposa une recherche historiographique et philosophique plus sophistiquée. Dans son *Traité de l'enchainement des idées fondamentales dans les sciences et dans l'histoire*, il refusa les reconstructions historiques mythologiques de la naissance de la science moderne et essaya d'analyser les fondements de la pratique scientifique réelle. Il se concentra sur la nécessité d'un réseau de principes dans la construction des théories scientifiques, qui ne pouvait pas se fonder

---

18. Nous trouvons une série de nuances philosophiques qui va du scientisme radical à une foi modérée dans le progrès scientifique. Pour la polysémie du mot *scientisme* et ses connexions avec le mot polysémique *positivisme*, cf. H. W. PAUL, *The debate over the bankruptcy of science in 1895*, p. 299, note 2. Pour l'origine du mot dans le contexte français, cf. P. SCHÖTTLER, *Szientismus : Zur Geschichte eines schwierigen Begriffs*, pp. 253-254.
19 A. COMTE, *Cours de philosophie positive*, pp. 3-8.
20. Il faut souligner que le positivisme fut une école philosophique spécifique et, dans le même temps, « une atmosphère » ou une attitude intellectuelle qui se ramifia en différentes directions (I. BENRUBI, *Contemporary thought of France*, pp. 16-17 ; H. METZGER, *La philosophie de Lucien Lévy-Bruhl et l'histoire des science*, p. 113).

seulement sur l'induction expérimentale. Quand les savants observaient une variation inattendue dans les phénomènes, ils préféraient supposer l'existence d'une perturbation inconnue plutôt que de renoncer à un principe ou à une théorie. La différence entre causes et perturbations était un choix rationnel plutôt qu'une nécessité empirique[21].

À côté des pratiques empiriques et expérimentales et des pratiques logiques et mathématiques, il y avait une troisième pratique qui était, elle, pragmatique et rationnelle. Les savants cherchaient « une vue de l'ensemble des phénomènes » qui aspirait « à mettre partout […] l'ordre, l'unité, la simplicité ». À côté « du fait sensible sur lequel l'expérience a prise et qu'elle décide irrévocablement » et à côté « de la vérité mathématique qui comporte une démonstration formelle et rigoureuse », on devait considérer « une idée ou une conception philosophique que la raison préfère ». Parfois les savants étaient d'accord sur le contenu de cette composante de la pratique scientifique, mais elle n'admettait « ni la preuve expérimentale ni la démonstration mathématique ». Les faits devenaient compréhensibles seulement quand ils étaient « interprétés par une idée » et ces idées étaient un des sujets privilégiés de la philosophie de la science. La fécondité des lois et des théories scientifiques dépendait de leur généralité, laquelle reposait sur des principes et des idées fondamentales : selon Cournot, « plus une loi physique aura de généralité, moins elle sera propre à être directement et péremptoirement établie par l'expérience »[22].

---

21. A. A. COURNOT, *Traité de l'enchainement des idées fondamentales…*, pp. II-VII, pp. 118-122 et pp. 186-188. En 1861, il avait déjà consacré sa vie et sa carrière dans l'université et les institutions publiques de l'enseignement supérieur, et il avait publié des livres sur la mathématique, l'économie et les fondements de la connaissance.
22. A. A. COURNOT, *Traité de l'enchainement des idées fondamentales…*, p. 189.

La récente émergence et systématisation des sciences de la vie avait conduit Cournot à un rejet substantiel du réductionnisme et à un assouplissement du déterminisme[23]. Bernard suivit une voie similaire. En 1865, dans son livre *Introduction à l'étude de la médicine expérimentale*, il insistait sur la nécessité des « lois biologiques spéciales » en opposition à la tendance réductionniste allemande, bien qu'il ne sous-estimât pas « l'importance des lois physiques et chimiques pour la compréhension des phénomènes de la vie ». Il avait contribué à l'émergence de la physiologie comme science en découvrant la fonction glycogénique du foie, la fonction digestive du pancréas et l'existence des nerfs vasomoteurs. Dans son livre, Bernard se concentra sur le déterminisme dans le contexte des sciences de la vie et sur une analyse critique de la méthode expérimentale[24].

En 1872, dans ses *Considérations sur la marche des idées et des événements dans les temps modernes*, Cournot souligna le rôle du hasard dans la science et dans l'histoire. Le hasard ne signifiait pas l'ignorance ou l'incohérence parce qu'il était soumis à des lois mathématiques qui n'étaient pas moins définies que les lois de la physique ou de l'astronomie[25]. Le probabilisme de Cournot incluait à la fois la nécessité et la contingence. Dans l'histoire de la science, la contingence

23. A. A. COURNOT, *Traité de l'enchainement des idées fondamentales…*, p. 223, 272-273, 277 et p. 284.

24. J. E. LESCH, *Science and medicine in France : the emergence of experimental physiology, 1790-1855*, pp. 1-2, 196-198, et 218-23 ; E. MENDELSOHN, *Physical models and physiological concepts*, pp. 203-204, p. 215, 217 et 219 ; R. VIRTANEN, *Claude Bernard and his place in the history of ideas*, p. 7, 13 et p. 22.

25. Selon l'historien de la philosophie Isaac Benrubi, Cournot voulait éviter aussi bien le dogmatisme que le scepticisme. Son attitude réflexive et critique ne pouvait pas être exprimée par « un précis résumé et une nette classification » (A. A. COURNOT, *Essai sur les fondements de nos connaissances et sur les caractères de la critique philosophique*, vol. 1, pp. 171-172 ; I. BENRUBI, *Contemporary thought of France*, pp. 89-90). Selon le philosophe François Mentré, la *discrétion* de Cournot était une attitude personnelle et un engagement épistémologique (Fr. MENTRÉ, *Les racines historiques du probabilisme rationnel de Cournot*, p. 483 ; Fr. MENTRÉ, *Cournot et la renaissance du probabilisme*, p. 644 et p. 646).

impliquait l'apparence de révolutions scientifiques : dans ce cas, la contingence donnait lieu à des transformations durables et profondes. En réalité, l'histoire de la science devait tenir compte de deux traditions différentes. D'un côté, il y avait les sciences systématisées qui pouvaient compter sur une telle systématisation depuis l'Antiquité : c'était, entre autres, l'astronomie, la mécanique et une partie de l'optique. Ces sciences avaient subi une transformation radicale pendant la Révolution scientifique du XVIIe siècle. D'un autre côté, il y avait un corpus de connaissances empiriques qui allaient être systématisées bien après la Révolution scientifique[26].

Il faut souligner que cette approche historiographique de Cournot ne s'accordait pas avec la naïve historiographie évolutionniste de Comte. Chez Cournot et Bernard, nous trouvons une conscience mature de la complexité de la pratique scientifique. Le développement des sciences de la vie avait défié la représentation traditionnelle de la méthode scientifique parce qu'il impliquait une prédictibilité partielle des systèmes vivants et une sorte de finalisme naturel.

En 1874, le jeune philosophe Émile Boutroux publia sa thèse doctorale, intitulée *De la contingence des lois de la nature*, dans laquelle il explorait la connexion problématique entre loi scientifique et expérience. Dans l'histoire de l'humanité, il y avait eu le passage de l'observation, où le monde était « un ensemble de faits d'une infinie variété », à « la connaissance explicative », où l'esprit se chargeait « d'interpréter, de classer, d'expliquer les données des sens ». Malheureusement, ce développement avait abouti à une divergence toujours plus marquée entre la connaissance rationnelle et l'expérience directe des choses, entre l'ordre des lois et le désordre de la nature[27]. La philosophie de Boutroux n'était pas anti-scientifique, mais faisait référence à

26. A. A. COURNOT, *Considérations sur la marche des idées…*, pp. 1-6 et pp. 292-294.
27. E. BOUTROUX, *De la contingence des lois de la nature*, pp. 2-4.

un naturalisme où la variabilité et l'instabilité remplaçaient l'invariance et la stabilité des lois mathématique. C'était un naturalisme qui évoquait l'ancienne philosophie naturelle.

L'approche historiographique de Cournot et l'approche épistémologique de Cournot et de Bernard avaient été proposées durant la décennie 1860, au milieu d'un environnement culturel positiviste qui n'était pas favorable. Leurs thèses réapparurent dans les décennies 1880 et 1890, dans un contexte culturel un peu différent. En 1883, Naville avança une conception dynamique de la pratique scientifique et du corpus des connaissances scientifiques. La science ne consistait pas en une simple accumulation d'expérimentations et de démonstrations : elle consistait aussi en des transformations conceptuelles et techniques qui changeaient les contenus et les méthodes. En particulier, les théories scientifiques étaient la partie la plus provisoire de la science, mais aussi la plus féconde. Le véritable progrès scientifique résidait dans les transformations et, quelquefois, dans le replacement des théories. Naville mentionna Cournot seulement occasionnellement, bien que dans le plus ancien nous trouvions le *faillibilisme* et le *probabilisme* du plus récent ainsi que des analyses de concepts physiques spécifiques, comme le concept et le principe d'inertie[28].

1. Le concept de classification naturelle

Le concept de classification naturelle de Duhem a une forte ressemblance linguistique avec le concept analogue de Comte, mais ce dernier faisait référence au niveau métathéorique plutôt qu'au niveau théorique. Pour Duhem, une théorie pouvait devenir une classification naturelle quand elle réussissait à saisir les liens les plus profonds entre les phénomènes. Pour Comte, une classification naturelle était une relation entre divers corpus de connaissances qui respectait leurs interrelations

28. E. NAVILLE, *La physique moderne,* p. 28, 32-35, 41-47 et pp. 50-55.

réelles et leurs généalogies effectives. Une classification naturelle devait tenir compte, en même temps, de la marche historique des connaissances et de leur enchainement rationnel.

> « […] la question même des classifications […] doit être traitée par observation, au lieu d'être résolue par des considérations à priori. [Ce principe] consiste en ce que la classification doit ressortir de l'étude même des objets à classer, et être déterminée par les affinités réelles et l'enchaînement naturel qu'ils présentent, de telle sorte que cette classification soit elle-même l'expression du fait le plus général, manifesté par la comparaison approfondie des objets qu'elle embrasse. »[29]

Comte voulait introduire des éléments de rationalité et une hiérarchie dans l'encyclopédie du savoir :

> « Le sujet propre de ce cours étant par là exactement circonscrit, il est facile maintenant de procéder à une classification rationnelle vraiment satisfaisante des sciences fondamentales, ce qui constitue la question encyclopédique, objet spécial de cette leçon.
>
> Il faut, avant tout, commencer par reconnaître que, quelque naturelle que puisse être une telle classification, elle renfermera toujours nécessairement quelque chose, sinon d'arbitraire, du moins d'artificiel, de manière à présenter une imperfection véritable.
>
> En effet, le but principal que l'on doit avoir en vue dans tout travail encyclopédique, c'est de disposer les sciences dans l'ordre de leur enchaînement naturel, en suivant leur dépendance mutuelle […] »[30].

L'ordre hiérarchique de la connaissance devait être un ordre naturel dans le double sens logique [« *dogmatique* »] et historique[31]. La préférence de Comte allait à l'ordre logique parce qu'il était le plus efficace et direct.

---

29. A. Comte, *Cours de philosophie positive,* pp. 60-61.
30. A. Comte, *Cours de philosophie positive,* p. 76.
31. A. Comte, *Cours de philosophie positive,* p. 77.

> « Le mode dogmatique, supposant au contraire, que tous ces travaux particuliers ont été refondus en un système général, pour être présentés suivant un ordre logique plus naturel, n'est applicable qu'à une science déjà parvenue à un assez haut degré de développement. Mais, à mesure que la science fait des progrès, l'ordre *historique* d'exposition devient de plus en plus impraticable, par la trop longue suite d'intermédiaires qu'il obligerait l'esprit à parcourir ; tandis que l'ordre *dogmatique* devient de plus en plus possible, en même temps que nécessaire, parce que de nouvelles conceptions permettent de présenter les découvertes antérieures sous un point de vue plus direct. »[32]

En 1861, Cournot introduit le concept de classification naturelle dans le contexte des sciences de la vie, en descendant du niveau métathéorique au niveau théorique. Il critiqua le concept darwinien d'espèce, mais souligna la fertilité des classifications en général pour la communication entre les savants. Chaque classification était provisoire et imparfaite, mais quelques classifications réussissaient à saisir quelques propriétés fondamentales de la réalité naturelle. Dans le dernier cas, une classification pouvait être qualifiée comme une vraie classification naturelle. Toutefois, une classification ne pouvait pas compter sur la certitude logique ni sur la certitude empirique. Il y avait un territoire vaste entre la pure raison et les pratiques empiriques : ce territoire avait à faire avec un jugement pragmatique ou « une appréciation instinctive » plutôt qu'artificielle. En d'autres termes, une classification était pragmatique et provisoire, mais pouvait être aussi fiable et efficace.

> « Méconnaitre la valeur des discussions portées sur ce terrain et n'y voir qu'une affaire de classification arbitraire, ce serait méconnaître la portée de l'idée d'une classification naturelle ou d'une juste expression des rapports naturels. Si les naturalistes tombent d'accord à propos de réformes du genre de celles qu'on vient d'indiquer, c'est qu'il intervient ici un jugement de la raison, qui n'a pas la forme d'un jugement logique, faute d'une

32. A. COMTE, *Cours de philosophie positive,* p. 78.

> définition précise du genre ou de la famille, et d'une mesure précise de la proximité générique, mais qui n'en doit pas moins être accepté. […] les définitions dont il s'agit expriment autre chose que des conventions arbitraires. »[33]

En 1874, Boutroux exprima sa méfiance envers l'idée même de classification naturelle : on peut dire que cette méfiance était étroitement liée à son antiréductionnisme radical et à la conscience de la fracture entre le domaine des procédures rationnelles et le domaine des pratiques empiriques. La complexité du monde naturel empêchait les savants de compter sur une correspondance fiable entre faits et théories : pourtant chaque classification ne pouvait être qu'artificielle. Selon Boutroux, les phénomènes naturels étaient le champ d'une bataille entre l'ordre logique et la contingence la plus radicale : la nature était la demeure de l'indéterminisme et de la contingence.

> « Fort de l'idée des genres et des lois, l'esprit humain espérait remplacer les classifications artificielles par des classifications naturelles. Mais avec le progrès de l'observation, telle classification, que l'on croyait naturelle, apparaît à son tour comme artificielle ; et l'on se demande s'il ne conviendrait pas de substituer pas à toute systématisation rationnelle le dessin pur et simple d'un arbre généalogique. »[34]

2. Le concept de théorie physique

En 1865, dans sa fameuse introduction à la physiologie expérimentale, Bernard présenta les théories scientifiques comme des outils limités et provisoires qui auraient été remplacés par d'autres théories plus complètes, mais néanmoins provisoires. Ceci était l'essence du progrès scientifique. La fertilité d'une théorie était plus importante que sa prétendue vérité : l'évolution de la science était plus importante que la so-

---

33. A. A. COURNOT, *Traité de l'enchainement des idées fondamentales…*, pp. 425-426.
34. E. BOUTROUX, *De la contingence des lois de la nature*, p. 46.

lidité d'une étape particulière. Bernard souligna que les expérimentations ne pouvaient pas être réalisées sans recourir à un réseau de conjectures.

> « […] dans la constatation d'une observation, il ne faut jamais aller au delà du fait. Mais il n'en est pas de même dans l'institution d'une expérience ; je veux montrer qu'à ce moment les hypothèses sont indispensables et que leur utilité est précisément alors de nous entraîner hors du fait et de porter la science en avant. Les hypothèses ont pour objet non-seulement de nous faire faire des expériences nouvelles, mais elles nous font découvrir souvent des faits nouveaux que nous n'aurions pas aperçus sans elles. »[35]

Selon Bernard, la connaissance scientifique était provisoire et relative. Il avança une épistémologie dynamique où l'histoire transformait la valeur de vérité des théories d'une façon imprévisible.

> « En résumé, les théories ne sont que des hypothèses vérifiées par un nombre plus ou moins considérable de faits : celles qui sont vérifiées par le plus grand nombre de faits sont les meilleurs ; mais encore ne sont-elles jamais définitives et ne doit-on jamais y croire d'une manière absolue. »[36]

La théorie scientifique était un moyen plutôt qu'un objectif : l'objectif de la connaissance se réalisait par une série de théories qui devaient être abandonnées les unes après les autres.

> « Il doit en conclure que les idées et les théories admises, dans l'état actuel de la science biologique, ne représentent que des vérités restreintes et précaires qui sont destinées à périr. Il doit conséquemment avoir fort peu de confiance dans la valeur réelle de ces théories, mais pourtant s'en servir comme d'instruments intellectuels nécessaires à l'évolution de la science et propres à lui faire découvrir des faits nouveaux. »[37]

---

35. Cl. BERNARD, *Introduction à l'étude de la médecine expérimentale*, p. 285.
36. Cl. BERNARD, *Introduction à l'étude de la médecine expérimentale*, p. 290.
37. Cl. BERNARD, *Introduction à l'étude de la médecine expérimentale*, p. 300.

En 1883, Naville analysa la nature et la structure des théories physiques, et mentionna ce que Bernard avait écrit à ce propos en 1865. Il distinguait entre lois ou lois expérimentales, théories et principes. Les lois émergeaient des faits et les décrivaient, tandis que les théories avaient une plus grande étendue et visaient une plus profonde explication d'un domaine de faits. Les principes correspondaient au plus haut niveau de généralité et d'abstraction : bien qu'ils fussent inaperçus, ils conduisaient l'esprit à la formulation des théories. Naville voyait une sorte d'indépendance entre lois et théories : un même ensemble de lois pouvait être encadré par différents systèmes théoriques. Néanmoins, les lois pouvaient déclencher la naissance de nouvelles théories. Les principes influençaient la recherche scientifique au moyen d'engagements métathéoriques, comme la nécessité d'ordre et d'harmonie dans le domaine naturel.

> « […] il faut distinguer dans l'ensemble de la science trois éléments : les lois expérimentales, les théories relatives à la nature des phénomènes, enfin les principes qui dirigent la pensée dans l'établissement de ces théories. Les lois expérimentales sont l'expression directe de faits ; elles peuvent être exposée sans mélange de théorie. Ainsi les lois de la réflexion, de la réfraction, de la dispersion de la lumière peuvent être formulées sans que l'on prenne parti pour la théorie de l'émission ou pour le système des ondulations ; et en fait, ces lois se sont maintenues sous le règne successif de ces deux doctrines. Les lois qui expriment simplement les faits, jugent les théories, les établissent, les rendent douteuses, les renversent. Les théories, à leur tour, provoquent les recherches, font imaginer de nouvelles expériences, découvrir de nouveaux faits, établir de nouvelles lois ; et il est facile de montrer historiquement que supprimer les théories ce serait arrêter la marche de la science. Les théories sont cherchées sous l'action de certains principes directeurs, dont le savant peut avoir ou non la conscience, mais qui, dans un cas comme dans l'autre, inspirent ses travaux. Entre ces principes,

> le plus important est celui de l'ordre, de l'harmonie, c'est-à-dire de l'unité qui se maintient dans la diversité des phénomènes. »[38]

Selon Naville, lois et principes avaient bénéficié d'une relative stabilité pendant l'histoire de la science, tandis que les théories étaient la composante la plus mobile de la pratique scientifique : l'histoire avait vu une fluctuation persistante de théories. Cette fluctuation était le noyau du progrès scientifique : la nature provisoire des théories était la force progressive de la science.

> « Les théories passent, la science demeure ; et comme la science n'est que la recherche de l'ordre et de l'harmonie, on peut dire que son principe est également confirmé et par la naissance des systèmes et par leur destruction. La naissance d'un système manifeste le besoin de l'esprit humain de trouver un ordre qui rende compte des faits. La destruction d'un système, provenant uniquement de son insuffisance, invite la pensée à la recherche d'un ordre plus élevé que celui qu'on avait conçu. Le spectacle de la succession rapide des théories qui se détruisent et se remplacent éveille naturellement le doute ; et croire nos théories actuelles à l'abri du souffle qui en a renversé tant d'autres serait une étrange fatuité. Mais l'histoire de la science, qui nous fait assister à la destruction des systèmes, nous montre qu'à un système détruit en succède un autre dont les conceptions sont plus solides et plus vastes. Elle nous montre que, sauf certains reculs passagers, il existe un progrès constant vers une plus haute intelligence de l'ordre universel, en sorte que le doute qui peut frapper les systèmes devient une confirmation du principe générateur de la science. »[39]

Ici nous trouvons un fécond rendez-vous entre l'histoire et l'épistémologie : la faillibilité expérimentale, la continuelle transformation théorique et le véritable progrès scientifique conduisaient à une conception dynamique de l'entreprise scientifique. L'alliance entre une

38. E. NAVILLE, *La physique moderne*, pp. 52-53.
39. E. NAVILLE, *La physique moderne*, p. 55.

historiographie et une épistémologie sophistiquées pouvait expliquer la complexité de la pratique scientifique.

3. Traces aristotéliciennes et pascaliennes

Dans les écrits de Bernard, nous voyons la spécificité d'une science du vivant dans le contexte de la science en général. Nous rencontrons des références à Leibniz et Pascal, et ces dernières deviendront plus fréquentes dans les derniers écrits. Nous rencontrons aussi la présence d'une tradition philosophique qui remonte à Aristote : elle aussi est liée à la nécessité de tenir compte de la complexité du vivant[40]. Bernard désirait une philosophie sans philosophie, une philosophie critique qui aimait le paradoxe et qui n'aimait pas les systèmes philosophiques.

> « Je pense que […] le meilleur système philosophique consiste à ne pas en avoir.
>
> Comme expérimentateur, j'évite donc les systèmes philosophiques, mais je ne saurais pour cela repousser cet *esprit philosophique* qui, sans être nulle part, est partout, et qui, sans appartenir à aucun système, doit régner non-seulement sur toutes les sciences, mais sur toutes les connaissances humaines. »[41]

Dans les dernières pages de son *Introduction à la physiologie expérimentale*, nous trouvons l'éloge de la recherche, le charme de l'inconnu, et la conscience que la vérité est toujours inaccessible et quelquefois inattendue.

---

40. Canguilhem souligna les analogies entre Bernard et Comte, par exemple leur défiance envers la mathématisation des sciences de la vie, une opinion qui remontait à Xavier Bichat, le père fondateur de l'histologie (G. CANGUILHEM, *Essai sur quelques problèmes concernant le normal et le pathologique*, pp. 29-30 et p. 32 ; G. CANGUILHEM, *La philosophie biologique d'Auguste Comte et son influence en France au XIXe siècle*, p. 73). Pour les références à Leibniz et à Pascal dans les textes de Bernard et pour la présence de Pascal dans les derniers travaux, cf. R. VIRTANEN, *Claude Bernard and his place in the history of ideas*, pp. 32-42.
41. Cl. BERNARD, *Introduction à l'étude de la médecine expérimentale*, p. 387.

« Celui qui ne connaît pas les tourments de l'inconnu doit ignorer les joies de la découverte qui sont certainement les plus vives que l'esprit de l'homme puisse jamais ressentir. Mais par un caprice de notre nature, cette joie de la découverte tant cherchée et tant espérée s'évanouit dès qu'elle est trouvée. […] C'est ce qui fait que dans la science même le connu perd son attrait, tandis que l'inconnu est toujours plein de charme.

[…] c'est ce sentiment qu'exprime Pascal, sous une forme paradoxale peut-être, quand il dit : "Nous ne cherchons jamais les choses, mais la recherche des choses". »[42]

Bernard se méfiait de la philosophie systématique en général et de l'épistémologie normative en particulier, parce qu'elle étouffait l'esprit scientifique et la réelle pratique scientifique.

« Quand des philosophes, tels que Bacon ou d'autres plus modernes, ont voulu entrer dans une systématisation générale des préceptes, pour la recherche scientifique, ils ont pu paraître séduisants aux personnes qui ne voient les sciences que de loin ; mais de pareils ouvrages ne sont d'aucune utilité aux savants faits, et pour ceux qui veulent se livrer à la culture des sciences, ils les égarent par une fausse simplicité des choses ; de plus, ils les gênent en chargeant l'esprit d'une foule de préceptes vagues ou inapplicables, […] »[43].

Dix ans après, le jeune Boutroux se prononçait contre la simplification mathématique, avec des considérations qui évoquaient la méfiance d'Aristote envers la mathématisation du monde physique :

« Un tronc d'arbre qui, vu de près, est tortueux, paraît de plus en plus droit, à mesure qu'on le voit de plus loin. Quel besoin avons-nous de notions *à priori*, pour achever ce travail de simplification, et éliminer par la pensée tous les accidents, toutes les irrégularités, c'est-à-dire, d'une manière abstraite et vague, celles que nous voyons et celles que nous ne voyons pas ? Par là, sans doute, nous n'acquérons pas l'idée des choses supé-

42. Cl. BERNARD, *Introduction à l'étude de la médecine expérimentale*, pp. 388-389.
43. Cl. BERNARD, *Introduction à l'étude de la médecine expérimentale*, p. 394.

> rieures à la réalité. C'est, au contraire, la réalité appauvrie, décharnée, réduite à l'état de squelette. Mais est-il donc si évident que les figures géométriques soient supérieures à la réalité ; et le monde en serait-il plus beau, s'il ne se composait que de cercles et de polygones parfaitement réguliers ? »[44]

L'année suivante, le mathématicien devenu philosophe Cournot se concentra sur la nouvelle perspective méthodologique et épistémologique ouverte par les sciences de la vie. La complexité des systèmes vivants, la relation entre les parties et la totalité de ces systèmes, et la vie comme un réseau de processus qui convergent vers un but commun conduisaient Cournot à une subtile réévaluation d'Aristote et de Leibnitz. D'un côté, la spécificité des sciences de la vie était en syntonie avec les entéléchies d'Aristote :

> « […] le tissu vivant ou le globule entraîné dans le torrent de la circulation ont des propriétés, une manière d'agir dont leur structures et leurs conditions physico-chimiques ne suffisent pas à rendre raison, et qui s'évanouissent lorsque disparaît un principe de la vie et de coordination harmonique, *nisus formativus*, absolument insaisissable à l'observation physique. Ce principe est ce qu'Aristote appelait *l'entéléchie*, d'un mot qui implique à la fois l'idée d'une *fin* et celle d'une *énergie formatrice*. »[45]

D'un autre côté, dans le dynamisme de Leibniz, il trouva une relation très audacieuse entre la physique et la biologie. Cournot interprétait la physique de Leibniz, bien plus complexe de la physique newtonienne, comme une conséquence de la fondation de la science sur les systèmes complexes plutôt que sur les plus simples systèmes mécaniques.

> « À la vérité ceux des physiciens auxquels on donne le nom de *dynamistes* et qui pensent avec le grand Leibnitz qu'il faut être encore "petit garçon" pour conserver la foi aux atomes, sont moins embarrassés d'admettre le jeu des archées ou des monades. Avec une physique d'une exposition plus difficile, ils ont

---

44. E. BOUTROUX, *De la contingence des lois de la nature*, p. 56.
45. A. A. COURNOT, *Matérialisme, vitalisme, rationalisme,* pp. 102-103.

une biologie d'une conception plus facile : ce qui est tout simple, puisqu'ils ont pris leur point de départ, non dans la physique newtonienne, comme la plupart des physiologistes de nos Académie, mais dans la biologie même. »[46]

Cournot critiquait une conception naïve de la connaissance scientifique et signalait la relation problématique entre l'esprit humain et les parties restantes de la nature. L'esprit n'était pas le miroir fidèle et véritable du spectacle de la nature. Si on voulait coûte que coûte représenter l'esprit comment un miroir, alors il devait probablement être représenté comment un miroir courbe plutôt que plan.

« Serrons encore de plus près les conditions du problème de la connaissance. De tout temps on a comparé l'intellect à un miroir qui reflète l'image des objets du dehors, […]

Dès lors se pose une première et capitale question : l'esprit humain ressemble-t-il au miroir plan ou au miroir cylindrique ? Est-il constitué de manière à saisir les rapports des choses tels qu'ils sont, sans les altérer essentiellement ? »[47]

Selon Cournot, la connaissance scientifique, comme toutes les sortes de connaissance, pouvait être avancée en termes de probabilité plutôt que de certitude. Les sciences devaient « se contenter de grandes probabilités »[48]. Il soutenait une épistémologie sophistiquée, une épistémologie pascalienne, c'est-à-dire un troisième chemin entre le dogmatisme et le scepticisme.

« Kant nie la valeur externe des idées qui sont le fondement de la philosophie naturelle, comme Pyrrhon niait en théorie l'existence des corps, sauf à y accommoder la pratique, ou comme Descartes lui-même refusait d'y croire, à moins d'avoir Dieu et sa véracité pour garants. Kant aurait pu aussi s'autoriser de Pascal selon qui “la Nature confond les pyrrhoniens, et la raison (*lisez* le raisonnement) confond les dogmatiques” ; tandis qu'à

46. A. A. COURNOT, *Matérialisme, vitalisme, rationalisme,* pp. 106-107.
47. A. A. COURNOT, *Matérialisme, vitalisme, rationalisme,* pp. 348-349.
48. A. A. COURNOT, *Matérialisme, vitalisme, rationalisme,* p. 354.

vrai dire la raison, d'accord avec la Nature, ne confond que ceux qui méprisent les principes nécessaires de toute critique. »[49]

Enfin, son probabilisme se joignait à sa troisième voie et donnait lieu à une épistémologie où la complexité, la faillibilité et la nature provisoire de l'entreprise scientifique entraient en collision avec le positivisme et le scientisme qui avaient conquis l'hégémonie culturelle durant ces années-là du XIXe siècle[50].

Conclusion

Les citations que j'ai reportées montrent que la philosophie de la science de Duhem pouvait compter sur une tradition critique récente qui s'était développée à partir des années 1860. Cournot avait avancé une épistémologie souple et pluraliste, et avait essayé de lier cette épistémologie à une historiographie aussi souple et pluraliste. Cournot et Bernard, et puis Boutroux et Naville, avaient été les premiers à proposer cette épistémologie où il y avait place à la fois pour la nécessité des lois scientifiques et pour la contingence des événements naturels. À côté de cette épistémologie, Cournot et Naville avaient proposé une historiographie où les transformations des théories et les révolutions se mêlaient à la persistance des principes et des méthodes. L'alliance entre l'épistémologie et l'historiographie nous a transmis une philosophie de la science qui était en harmonie avec la complexité de la pratique scientifique et avec les ramifications de l'histoire de la science.

Duhem n'avait probablement pas étudié systématiquement les auteurs que j'ai mentionné, mais dans les premières années de la décennie 1890, leurs œuvres avaient laissé une trace discrète, mais sensible, dans le milieu culturel français. L'originalité de Duhem consiste, d'une part, dans la systématisation et la radicalisation d'un héritage qui était resté

49. A. A. COURNOT, *Matérialisme, vitalisme, rationalisme,* pp. 359-360.
50. A. A. COURNOT, *Matérialisme, vitalisme, rationalisme,* p. 360.

apparemment inaperçu et, d'autre part, dans les nouvelles perspectives qu'il ouvrit pour la physique et la chimie de la fin du siècle.

Bibliographie

[1] BENRUBI (Isaac), *Contemporary Thought of France* / translated by Ernest B. Dicker. – London : Williams and Norgate, 1926. – 213 p.

[2] BERNARD (Claude), *Introduction à l'étude de la médecine expérimentale*. – Paris : J.-B. Baillière et fils ; Londres : H. Baillière ; Madrid : C. Bailly-Baillière ; New-York : Baillière-brothers ; Leipzig : E. Jung-Treuttel, 1865. – 400 p.

[3] BORDONI (Stefano), *La science de la thermodynamique dans la deuxième moitié du dix-neuvième siècle*, in *Revue des questions scientifiques*, vol. 185, 2014, n°4, pp. 399-420.

[4] ———, *Pierre Duhem le physicien et la recherche d'une thermodynamique rationnelle*, in *Revue des questions scientifiques*, vol. 186, 2015, n°4, pp. 549-572.

[5] ———, *Routes towards an abstract thermodynamics in the late nineteenth century*, in *The European Physical Journal H*, vol. 38, 2013, pp. 617-660.

[6] ———, *Taming complexity : Duhem's third pathway to thermodynamics*. – Urbino : Editrice Montefeltro, 2012. – 282 p.

[7] ———, *Unearthing a buried memory : Duhem's third way to thermodynamics (1)*, in *Centaurus*, vol. 54, 2012, n°2, pp. 124-147.

[8] ———, *Unearthing a buried memory : Duhem's third way to thermodynamics (2)*, in *Centaurus*, vol. 54, 2012, n°3, pp. 232-249.

[9] BOUTROUX (Émile), *De la contingence des lois de la nature* / thèse de doctorat soutenue devant la Faculté des lettres de Paris. – Paris : G. Baillière, 1874. – 194 p.

[10] BRAUNSTEIN (Jean-François), *Historical epistemology, old and new*, dans *Epistemology and history : from Bachelard and Canguilhem to today's history of science, Conference, Preprint 434*. – Berlin : Max-Planck-Institut für Wissenschaftsgeschichte, 2012. – pp. 33-40.

[11] BRENNER (Anastasios), *Les origines françaises de la philosophie des sciences*. – Paris : Presses universitaires de France, 2003. – VIII, 224 p. – (Science, histoire et société).

[12] CANGUILHEM (Georges), *Essai sur quelques problèmes concernant le normal et le pathologique*, dans G. CANGUILHEM, *Le normal et le pathologique*. – Paris : Presses universitaires de France, 1966. – pp. 7-167. – (Galien ; 4).

[13] ———, *La philosophie biologique d'Auguste Comte et son influence en France au XIXe siècle*, dans G. CANGUILHEM, *Études d'histoire et de philosophie des sciences*. – 4e édit. – Paris : J. Vrin, 1979. – pp. 61-74. – (Problèmes et controverses).

[14] CHIMISSO (Cristina), *Writing the history of the mind : philosophy and science in France, 1900 to 1960s*. – Aldershot (UK) ; Burlington (USA) : Ashgate, 2008. – VI, 209 p. – (Science, Technology and Culture, 1700-1945).

[15] COMTE (Auguste), *Cours de philosophie positive*. – Tome 1er. – Paris : Rouen Frères, 1830.

[16] COURNOT (Antoine-Augustin), *Considérations sur la marche des idées et des événements dans les temps modernes*. – Paris : Librairie Hachette et Cie, 1872. – VII, 418 p. + 442 p. (2 vol.).

[17] ———, *Essai sur les fondements de nos connaissances et sur les caractères de la critique philosophique*. – Paris : Librairie L. Hachette et Cie, 1851. – III, 430 p. + 405 p. (2 vol.).

[18] ———, *Matérialisme, vitalisme, rationalisme : études sur l'emploi des données de la science en philosophie*. – Paris : Hachette, 1875. – II, 395 p.

[19] ———, *Traité de l'enchaînement des idées fondamentales dans les sciences et dans l'histoire*. – Paris : L. Hachette et Cie, 1861. – XII, 503 p.

[20] DUHEM (Pierre), *Commentaire aux principes de la thermodynamique*. – 3e partie : *Les équations générales de la thermodynamique*, in *Journal de mathématiques pures et appliquées*, 4e série, vol. 10, 1894, n°2, pp. 207-285.

[21] ———, *L'évolution des théories physiques du XVIIe siècle jusqu'à nos jours*, dans P. DUHEM, *Prémices philosophiques* / présentées avec une introduction en anglais par Stanley L. JAKI. – Leiden ; New York ; København : E. J. Brill, 1987. – pp. 198-234. – (Brill's studies in intellectual history ; 3).

[22] ———, *La théorie physique : son objet et sa structure*. – Paris : Chevalier & Rivière éditeurs, 1906. – 450 p. – (Bibliothèque de philosophie expérimentale ; 2).

[23] ———, *Les théories de l'optique,* in *Revue des deux mondes,* vol. 123 (4e période, 64e année), 1er mai 1894, n°1, pp. 94-125.

[24] ———, *Physique et métaphysique,* dans P. DUHEM, *Prémices philosophiques* / présentées avec une introduction en anglais par Stanley L. JAKI. – Leiden ; New York ; København : E. J. Brill, 1987. – pp. 84-112. – (Brill's studies in intellectual history ; 3).

[25] ———, *Quelques réflexions au sujet de la physique expérimentale*, dans P. DUHEM, *Prémices philosophiques* / présentées avec une introduction en anglais par Stanley L. JAKI. – Leiden ; New York ; København : E. J. Brill, 1987. – pp. 147-197. – (Brill's studies in intellectual history ; 3).

[26] ———, *Sur les déformations permanentes et l'hystérésis*. – 2e mémoire : *Les modifications permanentes du soufre*. – Bruxelles : Hayez, imprimeur de l'Académie [...], 1896. – 86 p. – (Mémoires couronnés et mémoires des savants étrangers publiés par l'Académie royale des sciences, des lettres et des beaux-arts de Belgique ; tome LIV, 5e fascicule).

[27] ———, *Sur les déformations permanentes et l'hystérésis*. – 3e mémoire : *Théorie générale des modifications permanentes*. – Bruxelles : Hayez, imprimeur de l'Académie [...], 1896. – 56 p. – (Mémoires couronnés et mémoires des savants étrangers publiés par l'Académie royale des sciences, des lettres et des beaux-arts de Belgique ; tome LIV, 6e fascicule).

———, *Théorie thermodynamique de la viscosité, du frottement et des faux équilibres chimiques*, in *Mémoires de la Société des sciences physiques et naturelles de Bordeaux*, 5e série, vol. 2, 1896, pp. 1-207.

[28] KNIGHT (D.), *Series editor's introduction*, dans CHIMISSO (Cristina), *Writing the history of the mind : philosophy and science in France, 1900 to 1960s*. – Aldershot (UK) ; Burlington (USA) : Ashgate, 2008. – p. VII. – (Science, Technology and Culture, 1700-1945).

[29] LESCH (John E.), *Science and medicine in France : the emergence of experimental physiology, 1790-1855*. – Cambridge (Mass.) ; London : Harvard University Press, 1984. – VIII, 276 p.

[30] MARTIN (Russell Niall Dickson), *Pierre Duhem : Philosophy and history in the work of a believing physicist*. – La Salle (Ill.) : Open Court Publishing Company, 1991. – XI, 274 p.

[31] MENDELSOHN (Everett), *Physical models and physiological concepts : explanation in Nineteenth-Century biology*, in *The British Journal for the History of Science*, vol. 2, 1965, n°3, pp. 201-219.

[32] MENTRÉ (François), *Cournot et la renaissance du probabilisme au XIXe siècle*. – Paris : M. Rivière, 1908. – VIII, 652 p. – (Bibliothèque de philosophie expérimentale ; 5).

[33] ———, *Les racines historiques du probabilisme rationnel de Cournot*, in *Revue de métaphysique et de morale*, 13e année, 1905, n°3, pp. 485-508.

[34] METZGER (Hélène), *La philosophie de Lucien Lévy-Bruhl et l'histoire des sciences*, dans H. METZGER, *La méthode philosophique en histoire des sciences : textes 1914-1939* / réunis par Gad FREUDENTHAL. – [Paris] : Librairie Artème Fayard, 1987. – pp. 113-128. – (Corpus des œuvres de philosophie en langue française).

[35] NAVILLE (Ernest), *La physique moderne : études historiques et philosophiques*. – Paris : G. Baillière, 1883. – 278 p.

[36] PASCAL (Blaise), *Pensées* / texte établi par Léon BRUNSCHVICG ; chronologie, introduction, notes, archives de l'œuvre, index par Dominique DESCOTES. – Paris : Garnier-Flammarion, 1976. – 376 p. – (Collection Garnier-Flammarion ; 266).

[37] ———, *Pensées : sur la religion et sur quelques autres sujets* / introduction de Louis LAFUMA. – Paris, Éditions du Luxembourg, 1951. – 3 vol.

[38] PAUL (Harry W.), *The debate over the bankruptcy of science in 1895*, in *French Historical Studies*, vol. 5, 1968, n°3, pp. 299-327.

[39] PICARD (Émile), *La vie et l'œuvre de Pierre Duhem, membre de l'Académie*, in *Mémoires de l'Académie des sciences de l'Institut de France*, vol. 57, 2e série, 1922, pp. XCIX-CXLII.

[40] RHEINBERGER (Hans-Jörg), *On historicizing epistemology : an essay* / translated by David FERNBACH. – Stanford (Calif.) : Stanford University Press, 2010. – 114 p. – (Cultural memory in the present).

[41] SCHÖTTLER (Peter), *Szientismus : Zur Geschichte eines schwierigen Begriffs*, in *NTM Zeitschrift für Geschichte der Wissenschaften, Technik und Medizin*, vol. 20, 2012, n°4, pp. 245-269.

[42] STOFFEL (Jean-François), *Le phénoménalisme problématique de Pierre Duhem* / préface de Jean LADRIÈRE. – Bruxelles : Académie royale de Belgique, 2002. – 391 p. – (Mémoire de la Classe des lettres : collection in-8°, 3e série, tome 27).

[43] ———, *Pierre Duhem : un savant-philosophe dans le sillage de Blaise Pascal*, in *Revista Portuguesa de filosofia*, vol. 63, 2007, n°1-3, pp. 275-307.

[44] VIRTANEN (Reino), *Claude Bernard and his place in the history of ideas*. – Lincoln : University of Nebraska Press, 1960. – X, 156 p.

L'épistémologie de Duhem est-elle une ennemie de la rationalité ouverte ?

Mirella FORTINO[1]

Liceo scientifico « E. Fermi » – Cosenza (Italie)

Résumé. — Dans cette étude, nous voulons présenter une position critique destinée à défendre une perspective interprétative qui émancipe la réflexion du physicien français Pierre Duhem de toute lecture restrictive de son œuvre. Pour cela, nous défendons la thèse selon laquelle le fictionnalisme ou symbolisme duhémien n'est pas l'expression d'une rationalité de nature nominaliste, pragmatiste et instrumentaliste ni la négation du falsificationnisme et du progrès scientifique. En soulignant que l'exigence de falsification et de progrès scientifique n'est pas incompatible avec la thèse holiste et que la recherche de la vérité est assurément une exigence importante de la méthodologie duhémienne, nous pensons qu'il est possible d'ouvrir une brèche dans la lecture traditionnelle des écrits philosophiques du grand savant français. Nous conclurons que l'épistémologie duhémienne est un exemple de rationalité ouverte.

Abstract. — In the present paper we offer an analytical perspective of the work of the French physicist Pierre Duhem, aimed at establishing an interpretative overview which liberates his ideas from all restrictive evaluation. To this end, we support the theory that Duhemian fictionalism or symbolism is neither an expression of a rationality which is nominalist, pragmatic and instrumentalist in nature, nor is it a negation of falsificationism and scientific progress. We emphasize the fact that the requirements for falsification and scientific progress are not inconsistent with the holistic theory, and that the quest for truth is certainly an important prerequisite as regards Duhemian methodology. We therefore think it possible to

1. Courriel : mirellafortino@gmail.com — mirella.fortino@istruzione.it

FORTINO (Mirella), *L'épistémologie de Duhem est-elle une ennemie de la rationalité ouverte ?*, dans *Pierre Duhem, cent ans plus tard (1916-2016) : actes de la journée d'étude internationale tenue à Tunis le 10 mars 2016, suivis de l'édition française de l'« Histoire de la physique » (1911) de Pierre Duhem* / édités par Jean-François STOFFEL avec la collaboration de Souad BEN ALI. – Tunis : Université de Tunis, 2017. – pp. 95-122.

refute the traditional interpretation of this renowned French scientist's philosophical works. Our conclusion serves to demonstrate that Duhemian epistemology is an example of open rationality.

I. Épistémologie et rationalité ouverte

Philosophe et historien des sciences, le physicien français Pierre Duhem a été considéré comme le représentant d'une épistémologie se situant en antithèse avec la rationalité née à l'époque de la science moderne, alors qu'en France, dans l'atmosphère de la Troisième République, triomphe le courant du conventionnalisme dont les expressions les mieux connues sont avant tout la théorie critique du mathématicien et physicien Henri Poincaré, celle du philosophe bergsonien Édouard Le Roy et enfin celle de Gaston Milhaud[2].

Duhem affirme que la théorie physique est un système mathématique qui nous permet de représenter les lois expérimentales. Dans son chef d'œuvre, il a affirmé qu'« *une théorie physique n'est pas une explication. C'est un système de propositions mathématiques, déduites d'un petit nombre de principes, qui ont pour but de représenter aussi simplement, aussi complètement et aussi exactement que possible, un ensemble de lois expérimentale*s »[3]. Cette définition a été la source de malentendus qui ont conditionné la lecture de l'œuvre philosophique de Duhem laquelle a dessiné un nouveau modèle de connaissance scientifique.

Historiographiquement, Duhem est souvent réputé être un représentant du scepticisme scientifique et ce scepticisme serait la conséquence

---

2. Voir A. BRENNER, *Les origines françaises de la philosophie des sciences*, pp. 37-65 ; IDEM, *Science, réalité et apparence* ; R. MAIOCCHI, *Chimica e filosofia, scienza ed epistemologia, storia e religione nell'opera di Duhem* ; P. REDONDI, *Epistemologia e storia della scienza* ; M. FORTINO, *Convenzione e razionalità scientifica in Henri Poincaré*.
3. P. DUHEM, *La théorie physique*, p. 26. Pour la bibliographie des écrits de Duhem, nous renvoyons à J.-Fr. STOFFEL, *Pierre Duhem et ses doctorands*. Cf., en outre, R. N. D. MARTIN, *Pierre Duhem* ; St. L. JAKI, *Uneasy Genius*.

d'un esprit apologétique en faveur du credo catholique. Il faut rappeler qu'il est — selon d'autres — l'illustre représentant de l'instrumentalisme[4]. Il y a plusieurs points de vue qui soutiennent cette idée alors qu'il faudrait au contraire renverser cette interprétation et apprécier plutôt le caractère très raffiné de son épistémologie, grâce à laquelle nous pensons qu'il est possible de dessiner les lignes d'une rationalité ouverte, parce qu'elle définit une conception non absolutiste et non pas absolument relativiste de la logique des sciences physiques.

Alors, qu'est-ce qu'une rationalité ouverte ? Nous entendrons par l'expression « rationalité ouverte » une rationalité toujours *in fieri*, qui ne dédaigne pas de tendre vers une connaissance qui n'est pas définitive, mais toujours révisable, et qui n'est pas ni dogmatique ni sceptique. Elle est une raison pluraliste, non-réductionniste, une raison qui veut reconnaître son historicité indéniable, son devenir et son perfectionnement continuel. Maintenant, tentons de démentir quelques malentendus, pour exalter un des bouts de l'antithèse et soutenir l'idée d'une harmonie, plutôt que celle d'une opposition, entre l'épistémologie duhémienne et la rationalité ouverte.

II. Inspiration conventionnaliste et bouleversement d'un paradigme de la *rationalité scientifique ?*

Dans le milieu de la fin de siècle, durant la Troisième République française, alors que philosophes et savants sont engagés dans l'analyse critique des fondements de la science, Duhem représente un cas très particulier : il n'est pas conventionnaliste, bien qu'il apprécie la critique du philosophe Édouard Le Roy en soutenant que l'expérience de physique est une interprétation théorique ; il n'est pas sceptique ni dogmatique. Étant une conception selon laquelle les changements théoriques dans la science sont seulement des changements linguistiques,

4. Cf., à ce propos, B. VAN FRAASSEN, *The Scientific Image* ; IDEM, *Sauver les phénomènes*.

la conception des conventionnalistes aboutit, soulignent les exégèses dominantes, dans une forme de conservatorisme (les rapports entre les choses restent toujours les mêmes) qui aurait nié le progrès scientifique.

Dans ce milieu de fin de siècle, en opposition aux prétentions de la science mécaniste, Duhem, qui est engagé comme physicien dans le domaine de la thermodynamique, a voulu dessiner l'image d'une rationalité ouverte, parce qu'il a émancipé la raison scientifique de tous les absolus, au cours d'une croisade qui veut combattre l'essentialisme scientifique, c'est-à-dire la conception selon laquelle la science peut nous dévoiler des réalités profondes. Et cela, dès ses premiers écrits philosophiques. En 1893, sans toutefois nier la valeur de la métaphysique, il a affirmé — avant la *Logik der Forschung* de Karl Popper — la démarcation entre la rationalité scientifique et la métaphysique, laquelle est réputée, chez lui, être un discours qui prend comme objet les choses les plus excellentes. En 1902, dans son ouvrage *Le mixte et la combinaison chimique*, nous lisons :

> « La Physique actuelle n'est pas une Métaphysique. Elle ne se propose pas de pénétrer derrière nos perceptions pour saisir l'essence et la nature intime des objets de ses perceptions. Tout autre est son but. Elle se propose de construire, au moyen de signes empruntés à la science des nombres et à la géométrie, une représentation symbolique de ce que nos sens, aidés des instruments, nous font connaître. Une fois construite, cette représentation se prête au raisonnement d'une manière plus aisée, plus rapide, et partant plus sûre, que les connaissances purement expérimentales qu'elle remplace. Par cet artifice, la science prend une ampleur et une précision qu'elle n'aurait pu atteindre sans revêtir cette forme schématique que l'on nomme *Physique théorique* ou *Physique mathématique* »[5].

Nous aimerions évoquer que dans son chef d'œuvre philosophique — *La théorie physique : son objet et sa structure* publié en 1906 et

---

5. P. DUHEM, *Le mixte et la combinaison chimique*, pp. 184-185.

augmenté en 1914, dans lequel est élaborée une logique des sciences raffinée —, nous découvrons la définition d'une rationalité qui a renversé les dogmes de la méthodologie positiviste, née avec la science moderne. L'analyse critique a renversé les principes absolus et a défini les lignes qui provoquent des questions qu'il ne serait pas possible d'exorciser.

Maintenant, il faudra considérer la question suivante : comment sera-t-il possible de soutenir cette rationalité ouverte chez un physicien qui a affirmé la continuité historique des théories, et ce en opposition, d'une part, au concept de révolution dont l'historien et philosophe des sciences Thomas Kuhn nous parlera dans son ouvrage *The Structure of Scientific Revolution*[6] et, d'autre part, aux ruptures épistémologiques qu'étudiera Gaston Bachelard dans *Le nouvel esprit scientifique* (1934), dans *La philosophie du non* (1940), et dans d'autres écrits[7] ? Comment surtout, face au falsificationnisme de Popper, parler de rationalité ouverte chez Duhem qui a montré, en définissant la thèse holiste — également élaborée par le philosophe Willard van Orman Quine dans l'article *Two Dogmas of Empiricism* publié en 1951[8] —, l'impossibilité des *experimenta crucis*, lesquelles, selon Francis Bacon, sont le *sigillum veri* des hypothèses expérimentales ? Comment, enfin, parler de rationalité ouverte face à la négation, dans ses ouvrages, de l'alternative *vrai/faux*[9] et comment entrevoir la voie d'un

---

6. Th. KUHN, *The Stucture of Scientific Revolution*.
7. G. BACHELARD, *Le nouvel esprit scientifique* ; IDEM, *La philosophie du non*. Cf. C. VINTI, *Duhem-Bachelard : per un confronto*.
8. W. V. O. QUINE, *Two Dogmas of Empiricism*.
9. Cf. P. DUHEM, *La théorie physique*, pp. 26-28. Duhem a écrit : « Une théorie vraie, ce n'est pas une théorie qui donne, des apparences physiques, une explication conforme à la réalité ; c'est une théorie qui représente d'une manière satisfaisante un ensemble de lois expérimentales ; une théorie fausse, ce n'est pas une tentative d'explication fondée sur des suppositions contraires à la réalité ; c'est un ensemble de propositions qui ne concordent pas avec les lois expérimentales. *L'accord avec l'expérience est, pour une théorie physique, l'unique criterium de vérité* » (*op. cit.*, p. 28).

progrès qui nous permettra de dénoncer et de corriger, contre la raison dogmatique, les erreurs de la raison scientifique ?

C'est que Duhem a critiqué, en ce qui concerne l'étude de la réalité physique, la logique inductive et qu'il a affirmé la valeur du langage algébrique. En appréciant les idées du physicien Ernst Mach, il a conçu la nature de la théorie physique dans les termes d'une expression symbolique — une représentation et non pas une explication — qui a le pouvoir d'économiser la pensée.

Nous aimerions en outre rappeler ici que la critique du philosophe Édouard Le Roy est subordonnée à des exigences profondément métaphysiques. Ce philosophe partage les idées bergsoniennes selon lesquelles la science, symbolique et abstraite, ne peut pas nous faire connaître ce fond des choses que la métaphysique, seule, peut atteindre. En effet, il existe un lien manifeste, en ce qui concerne le langage scientifique, entre la conception de Duhem et la philosophie de Le Roy. C'est que pour Duhem, comme pour Le Roy, observer signifie essentiellement interpréter, et ce différemment du catéchisme positiviste :

> « Une expérience de Physique est l'observation précise d'un groupe de phénomènes, accompagnée de l'interprétation de ces phénomènes ; cette interprétation substitue aux données concrètes réellement recueillies par l'observation des représentations abstraites et symboliques qui leur correspondent en vertu des théories que l'observateur admet »[10].

Nous nous trouvons face à la *theory-ladenness* à laquelle la thèse holiste doit être reconduite en ce qui concerne sa genèse, comme nous pouvons surtout le constater dans l'autobiographie scientifique que Duhem a publiée en 1913[11]. Nous savons que, pour Le Roy, le fait scientifique est réduit à une expression symbolique, c'est-à-dire à une création tout artificielle du mathématicien et du physicien. Selon Le

10. P. DUHEM, *La théorie physique*, p. 238.
11. P. DUHEM, *Notice sur les titres et travaux scientifiques de Pierre Duhem*, p. 110.

Roy, le savant crée le fait scientifique qui est réduit simplement au langage du physicien. Duhem défend au contraire la notion d'objectivité, laquelle sera caractérisée par la notion d'approximation, pendant qu'il renverse toutefois la conception du contrôle empirique selon la forme qui a été consacrée par la méthode de la physique classique et qui constituera le dogme de l'orthodoxie du *credo* empiriste du Cercle de Vienne.

Le physicien, lorsqu'il soumet au contrôle empirique une théorie, ne peut pas prétendre, selon Duhem, à la rigueur démonstrative dont parlent les géomètres lorsqu'ils démontrent des propositions en utilisant la méthode de réduction à l'absurde. Dans son chef d'œuvre, Duhem apprécie les idées de Le Roy lorsque ce philosophe, en accord avec certaines idées de Poincaré[12], affirme que les théories physiques ne peuvent être ni vérifiées ni falsifiées. Il élabore alors une critique épistémologique très raffinée, soutenue par la conscience des tâtonnements et des expériences complexes, qui ont caractérisé, durant l'époque moderne, le travail des savants, en particulier celui qui concerne les expériences sur la nature de la transmission de la lumière. Il parviendra à soutenir que l'*experimentum crucis* est impossible en physique, en définissant la thèse holiste qui a contribué à sauver son épistémologie, à partir des années 1950, d'un oubli que nous ne pourrions pas justifier. Différemment de la méthode de Francis Bacon selon laquelle il est toujours possible d'éliminer toute incertitude dans le contrôle empirique d'une hypothèse expérimentale, la vérification selon la forme logique du *modus tollens* $(P \rightarrow T) . \neg T \therefore (\neg P)$ ne représente

12. Nous avons toutefois souligné les divergences entre l'épistémologie de Duhem et celle de Poincaré dans l'article *Symbole, convention et langage chez Duhem et Poincaré*. Nous avons aussi souligné les divergences profondes entre le conventionnalisme extrême de Le Roy et le conventionnalisme modéré de Poincaré. À cet égard, voir notre analyse dans le volume que nous avons consacré à l'épistémologie de Poincaré, intitulé *Convenzione e razionalità scientifica in Henri Poincaré*, pp. 110-121. Voir, sur l'opposition de Duhem au conventionnalisme, R. MAIOCCHI, *Pierre Duhem's « The Aim and Structure of Physical Theory »*, pp. 385-401.

pas le procédé méthodologique qui permet, dans les sciences expérimentales, de choisir, entre deux hypothèses en litige, celle qui est vraie[13]. Selon le holisme méthodologique de Duhem, en effet :

> « Le physicien ne peut jamais soumettre au contrôle de l'expérience une hypothèse isolée, mais seulement tout un ensemble d'hypothèses ; lorsque l'expérience est en désaccord avec ses prévisions, elle lui apprend que l'une au moins des hypothèses qui constituent cet ensemble est inacceptable et doit être modifiée ; mais elle ne lui désigne pas celle qui doit être changée »[14].

Différemment, Popper, qui dans ses écrits manifestera une aversion évidente à l'égard de l'épistémologie duhémienne, fait appel au théorème d'indépendance[15] pour soutenir la logique du contrôle empirique, par *modus tollens*, la possibilité de l'*experimentum crucis* et les prétentions du falsificationnisme à servir de méthode de démarcation entre la science et la métaphysique[16]. Nous aimerions toutefois souligner que Duhem n'a jamais nié ni la possibilité de falsifier un ensemble théorique (P1, P2, P3, P4 …) ni la possibilité — à bien y regarder — de falsifier une hypothèse singulière. Il est certainement vrai que, d'une part, pour « deviner » l'hypothèse d'un système théorique qui, parmi d'autres, doit être abandonnée et que, d'autre part, pour défendre le progrès indéniable de la raison scientifique, il a fait appel au *bon sens* et à la *finesse* pascalienne[17]. Il ne s'agit pas, dès lors, de renoncer à la falsification des hypothèses théoriques pour modifier nos théories. C'est pour cela que des épistémologues comme Donald Gillies ont

---

13. P. DUHEM, *La théorie physique*, pp. 308-312 ; M. Fortino, *Essere, apparire e interpretare*, pp. 192-208 ; M. FORTINO, *Introduzione*, à P. DUHEM, *Verificazione e olismo*, pp. 9-45.
14. P. DUHEM, *La théorie physique*, p. 307.
15. Cf. K. POPPER, *Conjectures and Refutations*, pp. 369-428.
16. Voir K. POPPER, *Postscript to the Logic of Scientific Discovery*, vol. I : *Realism and the Aim of Science*, pp. 83-83. Une analyse très raffinée du falsificationisme face à l'holisme épistémologique de Duhem a été élaborée par le philosophe Paolo Parrini dans son essai intitulé *L'epistemologia di Popper e il dilemma pascaliano di Duhem*, in P. PARRINI, *Il valore della verità*, pp. 73-88.
17. Nous renvoyons à M. FORTINO, *Essere, apparire e interpretare*, chap. 6 et 7.

parlé de falsificationnisme modifié chez Duhem[18]. Il faut donc aussi reconnaître, chez Duhem, le rôle positif du contrôle empirique. Nonobstant le fait que le succès de ce contrôle est réputé être le produit de nos facultés intuitives, c'est-à-dire du *bon sens* et de l'esprit de *finesse* très appréciés chez Blaise Pascal, il est voué à nous permettre de découvrir et de condamner l'hypothèse fausse en vue de nouvelles et fécondes chances de vérité[19].

Cette chance de falsification, bien que très difficile, est possible aussi dans le domaine des sciences historiques, dont il faut reconnaître l'extrême complexité. En effet, lors d'une conférence à l'Université de Bordeaux, Duhem a reconnu que les faits racontés par l'historien sont empreints de théorie. Aussi, dans la reconstruction des faits historiques, il faut intégrer, en désapprouvant l'attitude agnostique, une droiture qui doit être soutenue par cet *esprit de finesse* qui, selon Duhem, est le propre des historiens français[20]. Dans *La science allemande*, nous lisons que « l'histoire ne sera jamais une science déductive, parce que l'homme, dont elle traite, est trop complexe »[21]. Dans la recherche historique, il faut donc tirer parti des documents recueillis par un examen délicat et formuler, à propos de ces documents, des questions comme celles-ci :

> « Est-il authentique ? La date qu'il offre aux yeux, le nom dont il porte la signature n'ont-ils pas été ajoutés après coup par quelque faussaire ou par quelque ignorant ? – Est-il complet ? Ou bien, n'est-il qu'un débris, et, dans ce cas, que pouvaient être l'étendue, la nature, le sens des fragments perdus ? – Est-il sincère ? L'auteur a-t-il dit, sans addition comme sans réticence,

---

18. D. GILLIES – G. GIORELLO, *La filosofia della scienza nel XX secolo*, p. 128.
19. M. FORTINO, *Essere, apparire e interpretare*, chap. 6 et 7. En ce qui concerne la thèse holiste, l'épistémologie de Duhem est destinée, selon Roger Ariew, à osciller entre Scylla et Cariddi. Voir R. ARIEW, *The Duhem Thesis*. La thèse duhémienne, selon D. Raynaud, n'est pas un hommage au relativisme. Cf. D. RAYNAUD, *Duhem, Quine, Wittgenstein and the Sociology of Knowledge*.
20. M. FORTINO, *Essere, apparire e interpretare*, pp. 242-243.
21. P. DUHEM, *La science allemande*, p. 58.

> tout ce qu'il jugeait vrai ? Ses passions, ses intérêts ne l'ont-ils pas poussé à grossir, à dissimuler, à modifier une part des événements qu'il racontait ? – Cet auteur était-il bien informé, ou bien, au contraire, était-il hors d'état de connaître à fond les choses qui nous intéressent le plus ? – Comprenons-nous exactement la langue qu'il parlait ? Les pensées qu'il exprime, leur rendons-nous le sens que leur donnaient ceux à qui il les communiquait ? »[22].

Mais si nous pouvons bien comprendre la complexité naturelle des faits historiques, comme celle des faits sociaux, s'agit-il, dans les sciences physiques et suite à l'analyse critique de Duhem, de ruiner avant tout la confiance dans la méthode de la science moderne subordonnée à l'idée de précision, de vérification expérimentale et de falsification ? Nullement. Il s'agit simplement de constater que Duhem reconnaît la complexité de la rationalité scientifique moderne laquelle, née avec Galilée, n'est pas, dans son œuvre, subordonnée à une rationalité rigoureusement déterministe. Chez Duhem, cet adversaire de l'atomisme mécaniste qui s'est infatigablement engagé dans le domaine de la thermodynamique, il s'agit de voir, à partir des sciences physiques, la relation de la partie au tout, la solidarité des parties entre elles, ou bien — comme nous le dirions aujourd'hui — le rôle de l'émergence[23].

---

22. P. DUHEM, *La science allemande*, p. 54.
23. Cf. Th. MARTIN, *Introduction*, à *Le tout et les parties dans les systèmes naturels*, p. 13. Martin a expliqué clairement un aspect important concernant la notion « polémique » de mixte : « Duhem opposera à la conception atomiste, supposant un réalisme moléculaire, une conception de la composition chimique fondée sur l'idéal de potentiel thermodynamique, susceptible d'une expression mathématique et quantitative indépendante de toute considération sur la nature des éléments combinés. Ceci permet à l'auteur d'insister sur la nécessaire distinction entre le concept concret de corps simple et celui, abstrait, d'élément chimique, pour souligner l'originalité de l'ontologie propre à la chimie, ontologie à la fois relationnelle et opérative. L'être chimique n'est pas l'unité matérielle, simple ou composée, mais la relation qui conditionne les opérations matérielles ». *Ibidem*. Voir P. DUHEM, *Le mixte et la combinaison chimique*. Nous devons rappeler que, comme Paul Brouzeng l'a écrit, Duhem est celui qui a été un pionnier dans le

Comme l'a écrit Bernadette Bensaude-Vincent dans son essai intitulé *Le mixte : un défi au tout comme somme des parties* :

> « loin d'expliquer les propriétés sensibles des composés par la nature et par la proportion des éléments constituants, Duhem pense que le composé éclaire les propriétés des éléments […]. Les valences ne sont pas, à ses yeux, des propriétés intrinsèques, invariables, propres aux divers atomes. Le mixte, le corps phénoménal que le chimiste manipule et connaît, ne se laisse réduire ni aux éléments, ni aux atomes »[24].

Il s'agit donc — en ce qui concerne l'ontologie et le mode d'existence des objets chimiques — d'un idéal non réductionniste auquel le fondateur de la thèse holiste a été conduit par son aversion audacieuse et inflexible à l'égard de l'atomisme triomphant dans la chimie-physique de la fin du XIXe siècle. En considérant la perspective critique de l'holisme dans le domaine de l'épistémologie ou de la logique des sciences, il ne faudrait pas oublier que l'analyse logique duhémienne de l'*experimentum crucis* a été la cible polémique de la critique sévère que le défenseur de la rationalité ouverte, à savoir Gaston Bachelard, a élaborée dans *La philosophie du non*. Dans cet écrit en effet, il a parlé négativement de l'épistémologie du physicien français en la présentant comme un « *scepticisme docte* » et ce, en raison de sa négation des expériences vouées (par exemple) à résoudre les doutes et les incertitudes concernant les hypothèses qui ont été formulées à propos de la nature corpusculaire ou ondulatoire de la lumière durant l'époque moderne[25].

---

domaine des études concernant la chaleur non compensée. Voir P. BROUZENG, *Duhem (1861-1916): science et Providence*, pp. 121-126.

24. B. BENSAUDE-VINCENT, *Le mixte : un défi au tout comme somme des parties*, p. 161.

25. M. FORTINO, *Ragione rischiosa e convenzionalismo non conservatore*, pp. 254-255.

Bachelard n'a probablement pas identifié exactement ce qui constitue l'intérêt réel du physicien français. Selon Bachelard, cette impossibilité de l'*experimentum crucis* serait simplement le témoignage d'une négligence impardonnable, parce qu'elle aurait interdit chez Duhem — selon l'approche critique de la perspective discontinuiste de l'histoire de la pensée scientifique — l'affirmation de l'historicité de la raison scientifique, c'est-à-dire de son caractère progressif. En effet, son épistémologie, en affirmant la continuité entre le Moyen-Âge et la science née avec Galilée, a été conçue, par les chercheurs, dans les termes du conservatorisme et non pas en accord avec les théoriciens des ruptures brusques dans la science[26].

Mais il est vrai que dans ses ouvrages historiques et aussi dans ses analyses logiques de la science, le physicien français exalte le perfectionnement continu de la théorie qui aboutit à la théorie idéale. Cet idéal est, chez lui, représenté par la thermodynamique générale ou énergétique, soit le domaine de son infatigable travail de physicien. Par un « progrès continu » dans la thermodynamique, lisons-nous dans sa *Physique de croyant*, « sont venues converger toutes les tendances légitimes et fécondes des théories antérieures ; visiblement, c'est de ce terme que doit partir, à l'époque où nous vivons, la marche en avant qui acheminera la théorie vers son but idéal »[27]. La continuité n'est pas l'ennemie du changement, bien que ce changement soit présenté dans les termes d'une évolution.

Et cela dessine indéniablement, nonobstant le continuisme affirmé, l'idéal d'une rationalité ouverte simplement parce que la théorie physique est appelée à se perfectionner continuellement et à atteindre son vrai but, c'est-à-dire son état de classification naturelle plutôt que sa forme de classification conventionnelle et donc simplement artificielle. Ce but constitue un idéal régulatif et pour cela il nous permet de définir

---

26. Il est important de lire, sur ce point, l'essai de Simone Mazauric intitulé *Le continuisme de Duhem en questions.*
27. P. DUHEM, *Physique de croyant*, p. 465.

une rationalité en opposition aux conventionnalismes extrêmes qui ont été voués à défendre un conservatorisme dans le domaine de la connaissance scientifique. Toutefois, c'est évidemment un engagement de nature philosophique lorsque nous lisons que :

> « Le développement de la Statique nous manifeste, autant plus encore que le développement d'un être vivant, l'influence d'une idée directrice. Au travers des faits complexes qui composent ce développement, nous percevons l'action continue d'une Sagesse qui prévoit la forme idéale vers laquelle la Science doit tendre et d'une Puissance qui fait converger vers ce but les efforts de tous les penseurs : en un mot, nous y reconnaissons l'œuvre d'une Providence »[28].

Dans *La théorie physique* aussi, nous pouvons voir l'antithèse du scepticisme scientifique lorsque nous découvrons, face à la démarcation de la physique et de la métaphysique et face à la critique du caractère explicatif de la théorie, une métaphysique implicite engagée dans la défense du vrai.

> « Ainsi, la théorie physique ne nous donne jamais l'explication des lois expérimentales ; jamais elle ne nous découvre les réalités qui se cachent derrière les apparences sensibles ; mais plus elle se perfectionne, plus nous pressentons que l'ordre logique dans lequel elle range les lois expérimentales est le reflet d'un ordre ontologique ; plus nous soupçonnons que les rapports qu'elle établit entre les données de l'observation correspondent à des rapports entre les choses ; plus nous devinons qu'elle tend à être une classification naturelle »[29].

---

28. P. DUHEM, *Les origines de la statique*.
29. P. DUHEM, *La théorie physique*, p. 38. Il est important de souligner le pouvoir de prédiction de la théorie lorsque nous lisons : « Si […] nous reconnaissons dans la théorie une classification naturelle, si nous sentons que ses principes expriment, entre les choses, des rapports profonds et véritables, nous ne nous étonnerons pas de voir ses conséquences devancer l'expérience et provoquer la découverte de lois nouvelles ; hardiment, nous parierons en sa faveur » (*op. cit.*, p. 41).

Il est vrai que les idées duhémiennes semblent renverser un idéal classique de la connaissance. En effet, nous n'oublierons pas que ces idées ont été jugées très importantes dans les écrits du sociologue et économiste Otto Neurath du Cercle viennois, qui a défini une idée non falsificationniste, mais pragmatiste de la connaissance. En effet, les idées de Duhem pourraient être considérées — erronément selon nous — comme la source d'un horizon intellectuel nouveau, à savoir celui du pragmatisme partagé par Neurath et par le philosophe Quine. Ce dernier, en s'opposant aux prétentions de l'empirisme logique, dans ses *Two Dogmas of Empiricism* et autres écrits niera la distinction entre les propositions analytiques et les propositions synthétiques et il formulera sa thèse holiste de nature pragmatique en disant, contre le réductionnisme des néoempiristes, que « our statements about the external world face the tribunal of sense experience not individually but only as a corporate body »[30].

En effet, quand Duhem énonce les critères pour le choix des hypothèses théoriques, il fait appel à des critères qui semblent présenter un caractère pragmatique. Toutefois, les idées de commodité, d'élégance et de simplicité, qui sont les critères qui, dans la conception duhémienne, justifient le choix des hypothèses dans le travail du chercheur, ne trahissent pas, mais sauvegardent l'effort du savant dans le but d'assurer la fidélité ou l'adéquation de la représentation théorique avec la réalité. En effet, « nous ne sommes pas condamnés », dit-il en 1892, « à adopter toutes les théories, logiquement constituées, d'un même ensemble de lois : nous avons, pour choisir entre elles, des règles

30. W. V. O. QUINE, *Two Dogmas of Empiricism*, p. 38. Nous avons souligné que, dans cet article, le philosophe américain n'a pas cité Duhem. Il mentionnera la conception holiste de Duhem plus tard. En effet, seulement dans *From a Logical point of view*, il cite Duhem, en publiant à nouveau l'article de 1951. Quine, en revanche, cite Neurath lequel tient en grande considération l'œuvre de Duhem.

très sûres, qui, bien souvent, nous permettront de préférer raisonnablement l'une d'entre elles à toutes les autres »[31]. Si cela est historiographiquement indéniable, toutefois il est bon de faire remarquer que l'idéal classique de la connaissance n'a pas été réellement trahi par l'œuvre duhémienne.

Nous pouvons constater que Neurath, bien qu'il soit un admirateur de Duhem, bouleversera l'idéal classique de la connaissance. Selon Neurath, en effet, le rationalisme de Popper est une forme de pseudo-rationalisme. Notre connaissance, selon le sociologue et économiste, est historiquement conditionnée : elle est continuellement face au passage d'une encyclopédie à une autre[32]. Historiquement conditionnée, notre connaissance est toujours le passage d'une encyclopédie des savoirs en une période historique déterminée à une autre encyclopédie, dit Neurath dans les années trente, donc avant la formulation des thèses de Kuhn concernant le passage brusque d'un paradigme de rationalité à un autre[33]. Mais nous aimerions souligner que Duhem ne justifie pas le relativisme et que sa thèse holiste ne conduit pas à la conception pragmatiste de Neurath et de Quine. Selon le sociologue et économiste de Vienne, explicitement admiré par Quine dans *Word and Object*, notre action, en utilisant le langage, est subordonnée à des nécessités pratiques et non pas à la découverte de la vérité. Mais bien loin de concevoir un idéal pragmatique, Duhem, avec sa critique sagace, défend l'exigence de connaissance, de valeur de vérité des propositions scientifiques. Son holisme ne partage donc pas l'horizon épistémologique neurathien qui s'inspire de la forme de raisonnement qui est reconnaissable dans les règles provisoires du *Discours de la méthode* de Descartes. Le savant duhémien n'est pas le voyageur égaré dans la forêt qu'évoque Descartes ni le marin qui ne peut pas démonter son bateau,

---

31. P. DUHEM, *Quelques réflexions au sujet des théories physiques*, p. 32.
32. Cf. M. FORTINO, *La critica di Otto Neurath alla logica falsificazionista per "modus tollens"*, pp. 289-291 ; M. FORTINO, *L'Aufklärung del XX secolo*, pp. 160-164 ; A. BRENNER, *Classification des sciences et encyclopédie*.

pièce à pièce, en pleine mer pour le reconstruire entièrement. Il faut choisir en pleine mer, selon cette métaphore neurathienne qui exprime le sens pragmatique de l'holisme qui sera élaboré aussi par Quine. Mais chez Duhem, lorsqu'on choisit une hypothèse théorique parmi d'autres, nous disposons, nonobstant la liberté de notre arbitre, de critères de choix qui nous donnent des chances de poursuivre asymptotiquement l'adéquation de nos théories avec la réalité. Le pluralisme théorique n'est donc pas un ennemi de celui qui est à la recherche de la théorie idéale et parfaite.

Il est vrai que, historiographiquement, il faut reconnaître, et avec de bonnes raisons, l'influence exercée par la pensée de Duhem et par le conventionnalisme de Poincaré sur le physicalisme ou le cohérentisme neurathien[34]. Mais nous aimerions souligner que, dès 1893, Duhem a défendu une pensée qui, selon nous, est en harmonie avec le *credo* réaliste lorsqu'elle affirme que la théorie physique est une classification naturelle destinée à dévoiler l'ordre ontologique du monde[35]. Cette idée est une expression de la foi dans la connaissance qui évolue sans de brusques ruptures, mais en continuité avec le passé[36]. Nous aimerions aussi souligner que Duhem n'a pas négligé de considérer les ruptures enregistrées par l'histoire des sciences. Dans son chef d'œuvre, nous lisons en effet :

> « Après que l'expérience de Foucault eut montré que la lumière se propageait plus vite dans l'air que dans l'eau, Biot renonça à soutenir l'hypothèse de l'émission ; en toute rigueur, la pure logique ne l'eût point contraint à cet abandon, car l'expérience de Foucault n'était point l'*experimentum crucis* qu'Arago y croyait reconnaître ; mais en résistant plus longtemps à l'Optique vibratoire, Biot aurait *manqué de bon sens*.
>
> Puisque le moment où une hypothèse insuffisante doit céder la place à une supposition plus féconde n'est pas marqué avec une

34. Cf. O. NEURATH, *Physicalisme*.
35. Voir P. DUHEM, *L'école anglaise et les théories physiques*, pp. 136-137.
36. S. MAZAURIC, *Le continuisme de Duhem en questions*.

> rigoureuse précision par la logique, puisqu'il appartient au bon sens de reconnaître ce moment, les physiciens peuvent hâter ce jugement et accroître la rapidité du progrès scientifique en s'efforçant de rendre en eux-mêmes le bon sens plus lucide et plus vigilant. Or, rien ne contribue davantage à entraver le bon sens, à en troubler la clairvoyance, quel les passions et les intérêts. Rien donc ne retardera la décision qui doit, en une théorie physique, déterminer une heureuse réforme, comme la vanité qui rend le physicien trop indulgent à son propre système, trop sévère au système d'autrui »[37].

Puisque le problème de la connaissance pose la question de savoir si la science peut être vouée à la recherche de la vérité, nous dirons effectivement que, pour Duhem, la connaissance, soutenue essentiellement par le *bon sens* plutôt que par la logique inflexible, est une ennemie de la persévérance dans l'erreur et qu'elle est donc engagée dans la rectification et la recherche du vrai ou, pour mieux dire, dans l'approximation continuelle au vrai ou à la classification naturelle. C'est important pour Duhem non moins que pour la logique des sciences de Popper. Comme l'a écrit René Bouveresse dans son livre dédié à l'auteur de la *Logik der Forschung*, selon Popper « le progrès de la connaissance ne consiste donc qu'en une élimination indéfinie de l'erreur »[38]. Mais Duhem n'a jamais affirmé la valeur des stratagèmes théoriques dont parlent les conventionnalistes. Il faut encore ajouter que l'idée selon laquelle la science n'est pas une construction artificielle, mais une classification naturelle, devient intelligible seulement en vertu d'une tension continuelle qui est soutenue par l'engagement d'une raison critique et non sceptique[39]. C'est une exigence qui, chez

---

37. P. DUHEM, *La théorie physique*, pp. 358-359.
38. R. BOUVERESSE, *Karl Popper*, p. 77.
39. Sur cette tension et sur la question du réalisme chez Duhem, voir M. FORTINO, *La tensione essenziale fra finzionalismo e realismo nell'epistemologia di Pierre Duhem* ; P. PARRINI, *Sapere e interpretare*, pp. 82-83. Voir aussi K. M. DARLING, *Motivational Realism* ; S. BHAKTHAVATSALAM, *The rationale behind Pierre Duhem's natural classification*.

Duhem, est imposée par son travail de physicien en faveur de la thermodynamique générale ou énergétique, cette « science reine » qui nous donne la vraie clef pour résoudre les énigmes de sa logique de la science et les motifs, de nature philosophique, de son combat contre l'atomisme triomphant de l'âge moderne[40].

L'attitude critique de Duhem est donc une attitude positive, parce qu'elle ne nie pas le progrès scientifique. Il ne défend pas l'accord artificiel entre la théorie et l'expérience. Il dénonce plutôt les ajustements de nature conventionnaliste entre l'expérience et la théorie. En effet, il n'y a, chez lui, aucune indulgence envers la formulation d'*hypothèses ad hoc* dont parlaient les conventionnalistes — par exemple Poincaré dans *La science et l'hypothèse* et dans d'autres écrits —, probablement et simplement afin de limiter, dans les dernières années du XIXe siècle, la crise du scepticisme triomphant[41].

En effet, ces hypothèses, qui sont devenues des conventions universellement acceptées dont la certitude semble briser la contradiction expérimentale et la rejeter sur d'autres suppositions plus douteuses, il faudrait bien se garder de les croire à tout jamais assurées. L'histoire de la physique nous montre que, bien souvent, l'esprit humain a été conduit à renverser de fond en comble de tels principes, alors qu'ils étaient consensuellement regardés, pendant des siècles, comme des axiomes inviolables, et à rebâtir les théories physiques sur de nouvelles hypothèses[42].

Il faut donc dire, avec Anastasios Brenner, que « rien n'empêche, en effet, que des discontinuités conceptuelles soient introduites par une

---

40. Sur la thermodynamique de Duhem, voir R. MAIOCCHI, *Chimica e filosofia, scienza, epistemologia, storia e religione nell'opera di Pierre Duhem*, pp. 16-77 ; S. BORDONI, *Pierre Duhem 1891-96 : dalla fisica teorica alla storia e filosofia della scienza* ; P.-M. VAUTHELIN, *Pierre Duhem et la thermodynamique française de la fin du XIXe siècle.* Voir P. BROUZENG, *Duhem, science et Providence*.
41 M. FORTINO, *Convenzione e razionalità scientifica in Henri Poincaré*, chap. 2.
42. P. DUHEM, *La théorie physique*, p. 348.

évolution longue et variée ; Duhem ne se contredit pas lorsqu'il parle de bouleversements théoriques. Il annonce par là l'idée bachelardienne de rupture épistémologique »[43].

Aujourd'hui, le plus considérable résultat de nos investigations consiste à reconnaître le caractère méthodologique de la critique rationaliste de Duhem.

Les analyses historiques et philosophiques de Roberto Maiocchi, d'Anastasios Brenner, de Jean-François Stoffel et d'autres chercheurs se situent bien au-delà des interprétations partielles de la majorité des interprètes. Elles nous fournissent des éléments historiques et théoriques précieux pour l'élaboration d'une lecture attentive. Cette lecture nous a conduits à voir que l'épistémologie duhémienne n'est pas en opposition avec une interprétation réaliste[44].

Dans son autobiographie scientifique, à savoir sa *Notice sur les titres et travaux scientifiques de Pierre Duhem*, le physicien français, en définissant la nature de son épistémologie, a écrit : « séparé des diverses écoles pragmatistes au sujet de la valeur de la théorie physique, nous ne nous rangeons, en aucune circonstance, au nombre de leurs disciples »[45]. Et nous ne pourrions jamais accepter qu'il puisse être tenu pour un disciple des pragmatistes malgré lui ! Nonobstant son assimilation aux courants de l'instrumentalisme, du relativisme et aussi du pragmatisme américain (lorsque nous voyons que ses idées ont été conçues en accord avec la thèse Duhem-Quine), il faut fuir chaque in-

---

43. A. BRENNER, *Introduction*, à P. DUHEM, *L'évolution de la mécanique*, p. XIX.
44. M. FORTINO, *Essere, apparire e interpretare*, pp. 246-260 ; M. FORTINO, *La tensione essenziale tra finzionalismo e realismo nell'epistemologia di Pierre Duhem*. Dans cet écrit, nous soutenons l'harmonie, chez Duhem, entre la conception réaliste et le pluralisme théorique. Voir aussi J.-Fr. STOFFEL, *Le phénoménalisme problématique de Pierre Duhem*, pp. 213-219 ; M. MOTTERLINI, *La sfida di Duhem*. Sur le réalisme, voir E. ZAHAR, *Atomisme et réalisme structural*.
45. P. DUHEM, *Notice sur les titres et travaux scientifiques de Pierre Duhem*, p. 113.

terprétation qui n'a pas été réellement comparée aux textes. C'est pourquoi nous avons déjà montré que la thèse de Duhem ne doit pas être confondue avec l'holisme sémantique affirmé dans les écrits de Quine.

Il n'est pas inutile de souligner qu'il est nécessaire — pour comprendre Duhem, pour résoudre les énigmes et les contradictions de ses écrits, et pour vaincre les réserves que l'historiographie nous montre souvent — d'assurer une forte intégration de l'épistémologie et de l'histoire des sciences[46]. Il s'agit d'une voie digne de faire l'objet d'une nouvelle exploration si l'on veut éviter de perpétuer certains stéréotypes interprétatifs. Duhem n'est ni conventionnaliste ni instrumentaliste : il est le philosophe qui a plutôt défini une épistémologie en harmonie avec une rationalité ouverte et antidogmatique. Il n'a pas réduit le monde qui est l'objet de la physique à une simple construction logique[47].

Enfin, un argument fondamental en faveur de l'existence d'une rationalité ouverte chez Duhem est celui de l'exigence profonde d'une démarcation entre physique et métaphysique. En effet, il est possible de voir que, dès 1893 dans son article *Physique et métaphysique*, cette démarcation trouve ses titres de légitimation à l'intérieur d'un concept de scientificité que Duhem découvre dans une tradition de pensée qui se déroule de Platon à Copernic. Ce concept est en harmonie avec sa méthodologie dans le domaine des sciences physiques. Dans le monde hellénique, nous observons une distinction entre la méthode des mathématiciens et celle des physiciens. Les derniers prétendront découvrir

---

46. Sur ce point, nous renvoyons à M. FORTINO, *Pierre-Maurice-Marie Duhem e la profonda armonia tra storia della scienza ed epistemologia*.
47. Nous rappelons que Duhem, selon Popper, est conventionnaliste et, en outre, que « for the conventionalist, theoretical natural science is not a picture of nature but merely a logical construction. It is not the properties of the world which determine this construction; on the contrary it is this construction which determines the properties of an artificial world » (K. POPPER, *The Logic of Scientific Discovery*, p. 58).

l'essence des choses alors que les premiers jugeront seulement important l'accord entre ce qui apparait aux sens et les calculs mathématiques[48], c'est-à-dire *sauver les phénomènes*. Duhem est engagé dans la défense de cette thèse phénoménaliste[49] qui semble trahir le réalisme scientifique.

Toutefois, nous pensons que, chez Duhem, la raison scientifique manifeste sa rupture avec la tradition de la science moderne lorsqu'il dessine un monde dans lequel il n'y a pas de place pour une Intelligence omnisciente qui connaît toutes choses d'avance et dans lequel le temps se trouve, par conséquent, nié. Cela est manifeste lorsqu'il parle des pouvoirs de la déduction mathématique en bouleversant la conception laplacienne qui a défini le concept du déterminisme classique. Aux prétentions du modèle déterministe selon lequel il est possible, à une Intelligence vaste et supérieure à la nôtre, d'enfermer le futur dans une simple formule mathématique et par conséquent de déduire le futur du présent en niant le devenir, Duhem, en tant que pionnier des études sur la chaleur non compensée, oppose, en faisant appel aux études de Poincaré sur la stabilité du système solaire et à celles du mathématicien Jacques Hadamard, l'idée selon laquelle les déductions mathématiques sont inutiles au physicien. S'il faut mettre en question la stabilité du monde ou du système solaire, cela signifie donc que le futur est ouvert. Dans son chef d'œuvre, *La théorie physique*, nous voyons alors que le physicien-philosophe semblerait trahir sa confiance dans l'ordre ontologique du monde lorsqu'il reconnaît, en harmonie avec l'horizon indéterministe qui sera dessiné par la philosophie des quanta, qu'il y a,

---

48. Voir M. FORTINO, *Introduction*, à P. DUHEM, *L'autonomia della scienza in un fisico credente*, pp. 15-39 ; M. FORTINO, *Strumentalismo e realismo nell'epistemologia di Duhem e nel pensiero scientifico da Platone a Copernico*.
49. Pour comprendre la genèse du problème concernant les thèses duhémiennes sur le *credo* réaliste de Galilée, il faut renvoyer à J.-F. STOFFEL, *L'interprétation de l'« affaire Galilée » élaborée par Paul Mansion a-t-elle influencé Pierre Duhem ?*.

dans le monde, toujours un peu de contingence. En effet, en cet ouvrage, Duhem a écrit que si

> « les positions et les vitesses des astres qui composent le système solaire étant ce qu'elles sont aujourd'hui, ces astres continueront-ils tous et indéfiniment à tourner autour du Soleil ? N'arrivera-t-il pas au contraire qu'un de ces astres finisse par s'écarter de l'essaim de ses compagnons pour aller se perdre dans l'immensité ? »[50].

Bibliographie

[1] BACHELARD (Gaston), *La philosophie du non : essai d'une philosophie du nouvel esprit scientifique*. – Paris : Presses universitaires de France, 1962.

[2] ———, *Le nouvel esprit scientifique*. – Paris : Presses universitaires de France, 1934.

[3] BHAKTHAVATSALAM (Sindhuja), *The rationale behind Pierre Duhem's natural classification*, in *Studies in History and Philosophy of Science Part A*, vol. 51, 2015, n°6, pp. 11-21.

---

50. P. Duhem, *La théorie physique*, p. 230. «En fait, bien avant la mécanique quantique, les limites éventuelles de l'application pour le physicien du principe du déterminisme causal exact avaient été soulevées par Pierre Duhem à propos des résultats mathématiques de Jaques Hadamard sur le flot géodésique des surfaces à courbure négative. Dans ce cas, écrivait Duhem, l'idée de conférer un sens physique à la notion, mathématiquement bien définie, de déduction de l'évolution à partir d'une condition initiale est illusoire, puisque toute définition physique d'une condition initiale (aussi précise soit-elle) est compatible avec une infinité de définitions mathématiques ponctuelles qui, elles, vont donner des évolutions divergentes. Duhem concluait que cette déduction mathématique serait à tout jamais inutile au physicien» (A. DAHAN DALMEDICO, *Le déterminisme de Pierre-Simon Laplace et le déterminisme aujourd'hui*, p. 399). Cf. D. RUELLE, *Hasard et Caos*. Prigogine fait appel à Duhem en considérant « le paradoxe du temps », le problème de l'évolution temporelle des systèmes chaotiques, l'absence de symétrie entre passé et futur. « Comme Duhem l'avait souligné dès 1906, la notion de trajectoire n'est un mode de représentation adéquat que si la trajectoire reste à peu près la même lorsque nous modifions légèrement les conditions initiales » (I. PRIGOGINE, *La fin des certitudes*, p. 105).

[4] BENSAUDE-VINCENT (Bernadette), *Le mixte : un défi au tout comme somme des parties*, dans *Le tout et les parties dans les systèmes naturels : écologie, biologie, médecine, astronomie, physique et chimie* / ouvrage coordonné par Thierry MARTIN. – Paris : Vuibert, 2007. – pp. 157-165. – (Philosophie des sciences).

[5] BONIOLO (Giovanni) – VIDALI (Paolo), *Filosofia della scienza*. – Milano : Bruno Mondadori, 1999.

[6] BORDONI (Stefano), *Pierre Duhem 1891-96 : dalla fisica teorica alla storia e filosofia della scienza*, in *Pierre Duhem : verità, ragione e metodo (1916-2016)* / a cura di Mirella FORTINO. – Roma : Aracne (sous presse).

[7] BRENNER (Anastasios), *Classification des sciences et encyclopédie : Neurath et la tradition française*, dans *Le tout et les parties dans les systèmes naturels : écologie, biologie, médecine, astronomie, physique et chimie* / ouvrage coordonné par Thierry MARTIN. – Paris : Vuibert, 2007. – pp. 193-200. – (Philosophie des sciences).

[8] ———, *Duhem : science, réalité et apparence. La relation entre philosophie et histoire dans l'œuvre de Pierre Duhem* / préface de Maurice BOUDOT. – Paris : Librairie philosophique J. Vrin, 1990. – 253 p. – (Mathesis).

[9] ———, *Introduction*, à DUHEM (Pierre), *L'évolution de la mécanique, [suivi de] Les théories de la chaleur [et de] Analyse de l'ouvrage de Ernst Mach : « La mécanique »* / introduction et établissement du texte par Anastasios BRENNER ; avant-propos de Paul GERMAIN. – Paris : Librairie philosophique J. Vrin, 1992. – pp. XI-XXI. – (Mathesis).

[10] ———, *Les origines françaises de la philosophie des sciences*. – Paris : Presses universitaires de France, 2003. – VIII, 224 p. – (Science, histoire et société).

[11] BROUZENG (Paul), *Duhem (1861-1916) : science et providence* / préface d'Adolphe PACAULT. – Paris : Éditions Belin, 1987. – 187 p. – (Un savant, une époque).

[12] DAHAN DALMEDICO (Amy), *Le déterminisme de Pierre-Simon Laplace et le déterminisme aujourd'hui*, dans A. DAHAN DALMEDICO, J.-L. CHABERT, K. CHEMLA, *Chaos et déterminisme*. – Paris : Éditions du Seuil, 1992. – pp. 371-406.

[13] DARLING (Karen Merikangas), *Motivational realism : The natural classification for Pierre Duhem*, dans *Proceedings of the 2002 biennial meeting of*

the philosophy of science association. – Part I : *Contributed papers* / edited by Sandra D. MITCHELL, in *Philosophy of Science*, vol. 70, 2003, n°5, pp. 1125-1136.

[14] DUHEM (Pierre), *L'école anglaise et les théories physiques : à propos d'un livre récent de W. Thomson*, in *Revue des questions scientifiques*, 17e année, vol. 34 (2e série, vol. 4), 1893, pp. 345-378.

[15] ———, *La théorie physique : son objet et sa structure*. – Paris : Chevalier & Rivière éditeurs, 1906. – 450 p. – (Bibliothèque de philosophie expérimentale ; 2).

[16] ———, *La science allemande*. – Paris : Librairie scientifique A. Hermann et fils, 1915. – 143 p.

[17] ———, *Le mixte et la combinaison chimique : essai sur l'évolution d'une idée* / texte revu par Isabelle STENGERS. – [Paris] : Librairie Arthème Fayard, 1985. – 187 p. – (Corpus des œuvres de philosophie en langue française).

[18] ———, *Le système du monde : Histoire des doctrines cosmologiques de Platon à Copernic*. – Paris : Hermann, 1913-1959.

[19] ———, *Notice sur les titres et travaux scientifiques de Pierre Duhem*. – Bordeaux : Imprimeries Gounouilhou, 1913. – 125 p.

[20] ———, *Prémices philosophiques* / présentées avec une introduction en anglais par Stanley L. JAKI. – Leiden ; New York ; Köln ; København : E. J. Brill, 1987. – XIII, 239 p. – (Brill's studies in intellectual history ; 3).

[21] ———, *Quelques réflexions au sujet des théories physiques*, in *Revue des questions scientifiques*, 16e année, vol. 31 (2e série, vol. 1), 1892, pp. 139-177. Aussi dans DUHEM (Pierre), *Verificazione e olismo* / a cura di Mirella FORTINO. – Roma : Armando editore, 2006. – pp. 53-86. – (Temi del nostro tempo).

[22] ———, *Salvare le apparenze : saggio sulla nozione di teoria fisica da Platone a Galileo* / a cura di Mirella FORTINO ; prefazione di Jean-François STOFFEL. – Ariccia : Aracne editrice, 2016. – 317 p. – (Duhemiana ; 2).

[23] FORTINO (Mirella), *Convenzione e razionalità scientifica in Henri Poincaré*. – Soveria Mannelli : Rubbettino, 1997.

[24] ———, *Essere, apparire e interpretare : saggio sul pensiero di Duhem (1861-1916)*. – Milano : Franco Angeli, 2005. – 286 p. – (Epistemologia).

[25] ———, *Introduzione*, à DUHEM (Pierre), *Verificazione e olismo* / a cura di Mirella FORTINO. – Roma : Armando editore, 2006. – pp. 9-45. – (Temi del nostro tempo).

[26] ———, *L'Aufklärung del XX secolo : Origini storiche ed epistemologia del Circolo di Vienna*. – Roma : Aracne, 2012.

[27] ———, *La critica di Neurath alla logica falsificazionista per "modus tollens"*, in *Il Protagora*, a. 38, 2011, sesta serie, n. 16, pp. 277-297.

[28] ———, *La tensione essenziale tra finzionalismo e realismo nell'epistemologia di Pierre Duhem*, in *Pierre Duhem : verità, ragione e metodo (1996-2016)* / a cura di Mirella FORTINO ; introduzione di Roberto MAIOCCHI. – Roma : Aracne, 2017. – sous presses. – (Duhemiana ; 3).

[29] ———, *Metafisica e razionalità scientifica nel pensiero di Pierre Duhem*, dans DUHEM (Pierre), *L'autonomia della scienza in un fisico credente : due scritti di Pierre Duhem* / [a cura di] Mirella FORTINO. – Roma : Aracne editrice, 2014. – pp. 15-39. – (Duhemiana ; 1).

[30] ———, *Pierre-Maurice-Marie Duhem e la profonda armonia tra storia della scienza ed epistemologia*, in *Atti del Convegno della Società Italiana di Storia della Scienza (15-17 settembre 2016)*, sous presses.

[31] ———, *Ragione rischiosa e convenzionalismo non conservatore*, dans F. BONICALZI – C. VINTI (a cura di), *Ri-cominciare*. – Milano : Jaca Book, 2004. – pp. 245-256.

[32] ———, *Strumentalismo e realismo in Pierre Duhem e nel pensiero scientifico da Platone a Galileo*, dans P. DUHEM, *Salvare le apparenze : saggio sulla nozione di teoria fisica da Platone a Galileo* / a cura di Mirella FORTINO ; prefazione di Jean-François STOFFEL. – Ariccia : Aracne editrice, 2016. – pp. 27-56. – (Duhemiana ; 2).

[33] ———, *Symbole, convention et langage chez Duhem et Poincaré*, dans *Schegge di filosofia moderna*. – Vol. 9 / a cura di Ivan POZZONI. – Gaeta : deComporre edizioni, 2014. – pp. 73-92. – (Fuzzy).

[34] KUHN (Thomas), *The Structure of Scientific Revolution*. – Chicago : The University of Chicago, 1962 et 1970.

[35] JAKI (Stanley L.), *Uneasy genius : The life and work of Pierre Duhem*. – The Hague ; Dordrecht ; Boston ; Lancaster : Martinus Nijhoff Publishers, 1987. – XII, 472 p. – (Archives internationales d'histoire des idées = International archives of the history of ideas ; 100).

[36] LE ROY (Édouard), *Science et philosophie*, in *Revue de métaphysique et de morale*, vol. 7, 1899, pp. 375-425 ; pp. 503-562 ; pp. 708-731 ; vol. 8, 1900, pp. 37-72.

[37] MAIOCCHI (Roberto), *Chimica e filosofia, scienza, epistemologia, storia e religione nell'opera di Pierre Duhem*. – Firenze : La nuova Italia editrice, 1985. – XII, 445 p. – (Pubblicazioni della Facoltà di lettere e filosofia dell'Università di Milano ; 110 : Sezione a cura del Dipartimento di filosofia ; 5).

[38] ———, *Pierre Duhem's «The aim and structure of physical theory» : A book against conventionalism*, dans *Pierre Duhem : Historian and philosopher of science*. – Part 2 : *Duhem as philosopher of science* / edited by Roger ARIEW and Peter BARKER, in *Synthese*, vol. 83, 1990, n°3, pp. 385-400.

[39] MARTIN (Russell Niall Dickson), *Pierre Duhem : Philosophy and history in the work of a believing physicist*. – La Salle (Ill.) : Open Court Publishing Company, 1991. – XI, 274 p.

[40] MARTIN (Thierry), *Introduction*, à *Le tout et les parties dans les systèmes naturels : écologie, biologie, médecine, astronomie, physique et chimie* / ouvrage coordonné par Thierry MARTIN. – Paris : Vuibert, 2007. – pp. 5-17. – (Philosophie des sciences).

[41] MAZAURIC (Simone), *Le continuisme de Duhem en questions*, dans *Pierre Duhem : verità, ragione e metodo (1916-2016)* / a cura di Mirella FORTINO ; introduzione di Roberto MAIOCCHI. – Roma : Aracne, 2017. – sous presses. – (Duhemiana ; 3).

[42] MOTTERLINI (Matteo), *La sfida di Duhem*, in *Annali Università di Ferrara*, nuova serie, sez. III, 48, 1977, pp. 3-33.

[43] NEURATH (Otto), *Physicalisme*, in *Scientia : rivista di scienza*, 1931, 50, pp. 297-303.

[44] PARRINI (Paolo), *L'epistemologia di Popper e il dilemma pascaliano di Duhem*, dans P. PARRINI, *Il valore della verità*. – Milano : Guerini e Associati, 2011, pp. 73-88.

[45] ———, *Il valore della verità*. – Milano : Guerini e Associati, 2011.

[46] ———, *Sapere e interpretare : per una filosofia e un'oggettività senza fondamenti*. – Milano : Guerini e Associati, 2002.

[47] POINCARÉ (Henri), *La science et l'hypothèse*. – Paris : Flammarion, 1902.

[48] POPPER (Karl), *Conjectures and Refutations*. – London : Routledge and Kegan Paul, 1969.

[49] ———, *Logik der Forschung*. – Wien : Springer Verlag, 1934 (1935). – Trad. angl. : *The Logic of Scientific Discovery*. – New York : Routledge, 2002.

[50] ———, *Postscript to the Logic of Scientific Discovery*, vol. I : *Realism and the Aim of Science*, edit. by W. W. BARTLEY, III. – London : Hutchinson, 1982-83.

[51] PRIGOGINE (Ilya), *La fin des certitudes*. – Paris : Odile Jacob, 1996.

[52] QUINE (Willard Van Orman), *Two dogmas of empiricism*, in *The Philosophical Review*, vol. 60, 1951, n°1, pp. 20-43.

[53] RAYNAUD (Dominique), *Duhem, Quine, Wittgenstein and the sociology of scientific knowledge : continuity or self-legitimating ?*, in *Epistemologia*, vol. 26, 2003, n°1, pp. 133-160.

[54] REDONDI (Pietro), *Epistemologia e storia della scienza : le svolte teoriche da Duhem a Bachelard*. – Milano : Feltrinelli editore, 1978. – 255 p. – (Filosofia della scienza ; 18).

[55] RUELLE (David), *Hasard et chaos*. – Paris : Éditions Odile Jacob, 1991. – 247 p. – (Sciences).

[56] STOFFEL (Jean-François), *L'interprétation de l'« affaire Galilée » élaborée par Paul Mansion a-t-elle influencé Pierre Duhem ?*, dans *Pierre Duhem : verità, ragione e metodo (1916-2016)* / a cura di Mirella FORTINO ; introduzione di Roberto MAIOCCHI. – Roma : Aracne, 2017. – sous presses. – (Duhemiana ; 3).

[57] ———, *Le phénoménalisme problématique de Pierre Duhem* / préface de Jean LADRIÈRE. – Bruxelles : Académie royale de Belgique, 2002. – 391 p. – (Mémoire de la Classe des lettres : collection in-8°, 3e série, tome 27).

[58] ———, *Pierre Duhem et ses doctorands : bibliographie de la littérature primaire et secondaire* / introduction de Stanley L. JAKI. – Louvain-la-Neuve : Centre interfacultaire d'étude en histoire des sciences, 1996. – 325 p. – (Réminisciences ; 1).

[59] VAN FRAASSEN (Bas), *Sauver les phénomènes*, dans *Philosophie des sciences* / textes réunis par Sandra LAUGIER et Pierre WAGNER. – Paris : Librairie philosophique J. Vrin, 2004. – pp. 146-163. – (Textes clés).

[60] ———, *The Scientific Image*. – Oxford : Oxford University Press, 1980.

[61] VAUTHELIN (Pierre-Michel), *Pierre Duhem et la thermodynamique française de la fin du XIXe siècle*, dans *Pierre Duhem : verità, ragione e metodo (1916-2016)* / a cura di Mirella FORTINO ; introduzione di Roberto MAIOCCHI. – Roma : Aracne, 2017. – sous presses. – (Duhemiana ; 3).

[62] VINTI (Carlo), *Duhem-Bachelard : per un confronto*, dans *Pierre Duhem : verità, ragione e metodo (1916-2016)* / a cura di Mirella FORTINO ; introduzione di Roberto MAIOCCHI. – Roma : Aracne, 2017. – sous presses. – (Duhemiana ; 3).

[63] ZAHAR (Elie), *Atomisme et réalisme structural*, dans *Philosophie des sciences* / textes réunis par Sandra LAUGIER et Pierre WAGNER. – Paris : Librairie philosophique J. Vrin, 2004. – pp. 383-414. – (Textes clés).

Quelques notes sur le prétendu réalisme structurel attribué à Pierre Duhem[1]

Fábio Rodrigo LEITE[2]

Post-doctorand à l'Universidade de São Paulo
Faculdade de filosofia, letras e ciências humanas
Departamento de filosofia

Résumé. — Depuis les années 1980, une bonne partie de la littérature spécialisée s'est dirigée vers les aspects non purement conventionnalistes présents dans l'œuvre philosophique de Pierre Duhem. Plusieurs interprètes ont attribué au Français une sorte de réalisme structurel. Dans cet article, nous avons précisément l'intention de remettre en question cette lecture structuraliste. Nous essayerons de montrer que, s'il est vrai qu'il y a un structuralisme qui traverse les publications duhémiennes, il est également vrai qu'on trouve des preuves en faveur d'un réalisme d'entités. La réussite de notre interprétation doit nous amener à la conclusion selon laquelle si notre auteur peut être considéré comme un réaliste, il devra l'être de la manière traditionnelle. Notre principal point d'appui consistera dans l'analyse que Duhem fait du concept, éminemment théorique, d'espace absolu, contenu dans un ouvrage encore très peu étudié, à savoir *Le mouvement absolu et le mouvement relatif*.

Abstract. — Since the 1980s, a significant portion of specialised literature has been focussed on those aspects, present in the philosophical work of Pierre Duhem, which are not purely conventionalist. Several reviewers have attributed a form of structural realism to this French scientist' philosophy. In this article, our

---

1. Cet article est le résultat direct et mûri d'idées contenues dans notre mémoire de master (cf. F. LEITE, *A metodologia do senso comum*, pp. 208-212).
2. Courriel : efferrelle@yahoo.com.br

LEITE (Fábio Rodrigo), *Quelques notes sur le prétendu réalisme structurel attribué à Pierre Duhem*, dans *Pierre Duhem, cent ans plus tard (1916-2016) : actes de la journée d'étude internationale tenue à Tunis le 10 mars 2016, suivis de l'édition française de l'« Histoire de la physique » (1911) de Pierre Duhem* / édités par Jean-François STOFFEL avec la collaboration de Souad BEN ALI. – Tunis : Université de Tunis, 2017. – pp. 123-164.

main objective revolves around questioning this structural interpretation. We will attempt to demonstrate that, while it is true that there is a structuralism that pervades the Duhemian publications, it is also true that one finds evidence in favour of the realism of entities. The success of our interpretation must lead us to the conclusion that if our author can be considered a realistic, he should be considered in the traditional way. Our primary focus will be on Duhem's analysis of the highly theoretical concept of absolute space, which is to be found in a relatively unexplored publication entitled *Le mouvement absolu et le mouvement relatif*.

Introduction

Depuis les années 80, une bonne partie de la littérature spécialisée s'est dirigée vers les aspects non purement conventionnalistes présents dans l'œuvre philosophique de Pierre Duhem. Dans les grandes lignes, les interprètes mirent en exergue des thèses à caractère réaliste, en spécifiant ensuite dans quels types de réalisme celles-ci s'intégraient. Nombreuses furent les qualifications envisagées, pas toujours de façon exclusive : réalisme métaphysique[3], raffiné[4], méthodique[5], convergent[6], sémantique[7], motivationnel[8], anormal[9], méthodologique[10], modéré[11], historico-asymptotique[12], à l'exception des formulations qui atténuaient son conventionnalisme[13] ou qui, en exaltant la complexité de

3. P. REDONDI, *Epistemologia e storia della scienza*, p. 33 ; JAKI, *Uneasy genius*, p. 370.
4. R. MAIOCCHI, *Chimica e filosofia*, p. 307, pp. 9-10, pp. 208-209, p. 212, p. 238.
5. St. L. JAKI, *Scientist and catholic*, p. 75.
6. J. CHIAPPIN, *Duhem's theory of science*, p. 198 ; A. LUGG, *Pierre Duhem's conception of natural classification*, p. 416.
7. A. GODDU, *The realism that Duhem rejected in Copernicus*, p. 312.
8. K. DARLING, *Motivational realism*.
9. M. FORTINO, *Essere, apparire e interpretare*, p. 102.
10. F. LEITE, *A metodologia do senso comum*.
11. P. NEEDHAM, *Duhem's moderate realism*.
12. J.-Fr. STOFFEL, *Préface*, p. 18.
13. Comme « instrumentaliste modéré » (J. GIEDYMIN, *Antipositivism in contemporary philosophy and social science and humanities*, p. 281), « conventionnaliste révolutionnaire inconsistent » (I. LAKATOS, *Falsification and the methodology of scientific research programmes*, p. 21, n. 4), ou « instrumentalisme qualifié » (A. GODDU, *The realism that Duhem rejected in Copernicus*, p. 312).

la vision duhémienne, considéraient son phénoménalisme comme étant « problématique »[14].

Une bonne partie de la responsabilité du fait que le thème de la valeur de connaissance des théories physiques soit devenu la *grande question* parmi les commentateurs, provient du philosophe lui-même. Face aux oscillations qui transparaissent dans ses textes, les uns cherchent à conserver la cohérence de l'œuvre en y percevant « une évolution »[15] dans la direction du réalisme ; d'autres y voient l'existence d'une « contradiction »[16], d'une « tension »[17], d'une « ambiguïté »[18], d'une « dialectique »[19], d'une « dualité »[20] ou encore d'une « inconsistance »[21]. Dans la tentative duhémienne visant à se distancer aussi bien d'une version étroite du positivisme que d'une quelconque forme de réalisme dogmatique, les interprètes identifièrent le désir de conserver un type de « middle road »[22], « middle ground »[23], « middle way »[24], « voie moyenne »[25] ou « meio termo »[26] entre ces extrêmes. Il devient

---

14. J.-Fr. STOFFEL, *Le phénoménalisme problématique de Pierre Duhem*.
15. A. WITZ, *Le conflit sur la valeur des théories physiques*, p. 102 ; É. PICARD, *La vie et l'œuvre de Pierre Duhem*, p. CXIX ; H. PAUL, *The edge of contingency*, p. 172 ; J.-Fr. STOFFEL, *Le phénoménalisme problématique de Pierre Duhem*, p. 21, p. 225, pp. 336-337, p. 366.
16. G. LECHALAS, *M. Duhem et la théorie physique*, p. 154, p. 156.
17. M. PATY, *Mach et Duhem*, p. 42.
18. M. RAMONI, *Fisica e storia della scienza nell'opera di Pierre Duhem*, p. 38, p. 62.
19. R. N. D. MARTIN, *Pierre Duhem*, p. 101, pp. 108-111.
20. F. LEITE, *A metodologia do senso comum*, p. 222.
21. S. DION, *Pierre Duhem and the inconsistency between instrumentalism and natural classification*.
22. St. L. JAKI, *Uneasy genius*, p. 368.
23. J. CHIAPPIN, *Duhem's theory of science*, p. 220, p. 243.
24. E. MCMULLIN, *Comment: Duhem's middle way*.
25. J.-Fr. STOFFEL, *Le phénoménalisme problématique de Pierre Duhem*, p. 366, p. 363.
26. F. LEITE, *A metodologia do senso comum*, p. 236.

impérieux de déterminer si lesdites attitudes « sceptique »[27], « réaliste »[28] ou « ambivalente »[29] n'étaient pas délibérément utilisées par Duhem afin de souligner la *dualité insurmontable* dans laquelle le physicien se trouve lorsqu'il réfléchit sur son travail ; si, en se fondant constamment sur une espèce de « renversement du pour au contre »[30], il ne désirait pas, avant tout, mettre en avant le caractère paradoxal de l'activité scientifique. Les mots de Blaise Pascal, cités dans la conclusion de *La théorie physique*, sont de ce point de vue symptomatiques : « s'il se vante, je l'abaisse ; s'il s'abaisse, je le vante »[31]. Des réponses positives à ces questions rendraient une « solution » *générale* vis-à-vis du réalisme duhémien non seulement impossible, mais indésirable.

Pour de tels motifs, je ne désire pas, dans cet article, aborder globalement le thème du réalisme duhémien, mais seulement la qualification de « structurel » que son supposé réalisme reçoit de la part de quelques érudits. Il en résulte que savoir si Duhem serait un *réaliste* structurel — une interprétation défendue par des auteurs tels que John Worrall[32], José Chiappin[33], Ernan McMullin[34], Stathis Psillos[35], Barry Gower[36], Elie Zahar[37] et Anjan Chakravartty[38] — ou un *empiriste* structurel —

---

27. J. AGASSI, *Duhem versus Galileo*, p. 247.
28. K. DARLING, *Motivational realism*, p. 1129.
29. É. MEYERSON *apud* B. BENSAUDE-VINCENT, *Chemistry in the French tradition of philosophy of science*, p. 638, n. 13.
30. F. LEITE, *A metodologia do senso comum*, p. 222. R. N. D. Martin (*Pierre Duhem*, p. 76) a fait des observations similaires.
31. P. DUHEM, *La théorie physique*, p. 411.
32. Bien que J. Worrall (*Scientific realism and scientific change*, p. 203, n. 4 ; *Structural realism*) ait identifié un antécédent lointain de ce réalisme chez Poincaré, il ne fait que le prolonger indirectement à Duhem, en citant des passages dans les textes duhémiens qui rapprochent l'auteur d'une telle position.
33. J. CHIAPPIN, *Duhem's theory of science*, pp. 198-210.
34. E. MCMULLIN, *Comment: Duhem's middle way*, p. 427.
35. S. PSILLOS, *Scientific realism*, p. 38.
36. B. GOWER, *Cassirer, Schlick and 'structural' realism*, p. 74, p. 86.
37. E. ZAHAR, *Essai d'épistemologie réaliste*, p. 141 ; *Interpretation versus reduction*, pp. 41-49.
38. A. CHAKRAVARTTY, *Semirealism*, p. 398.

suggestion faite par Ioannis Votsis[39] — constituera une question accessoire, puisque mon objectif est de remettre en cause le *structuralisme* attribué à Duhem. En assumant comme *hypothèse* son réalisme, je veux donc discuter la convenance de l'ajout « structurel » qui lui est alloué.

À partir du moment où les réalismes structurel et d'entités peuvent être compris non seulement comme des versions mitigées du réalisme traditionnel, mais également comme étant opposés entre eux, l'une des manières de montrer que Duhem ne serait pas un réaliste structurel, tout en conservant le compromis réaliste déjà signalé, serait de mettre en évidence qu'il confère aux entités théoriques (du moins à quelques-unes) le même statut ontologique octroyé à la structure théorique. Par conséquent, la conclusion que j'espère obtenir est la suivante : *si notre auteur peut être considéré comme un réaliste, il devra l'être d'une manière traditionnelle*.

I. Brève présentation de l'interprétation structuraliste

Dans le tableau proposé par Worrall, à la fin des années 80, à propos du sauvetage du réalisme structurel, celui-ci se caractérise comme la tentative de répondre à *deux arguments* autour de la valeur cognitive des théories, en obtenant ainsi un « moyen terme » entre le réalisme scientifique traditionnel et l'antiréalisme[40]. Le premier, connu comme *l'argument du non-miracle*, affirme que le réalisme scientifique est l'unique conception qui ne fait pas du succès prédictif de la science, comme les anticipations théoriques de l'observation fournies par les théories matures, un miracle aux proportions énormes. Le succès de la théorie resterait inexpliqué sans les suppositions qu'elle est partiellement ou approximativement vraie et que les entités postulées par elle

---

39. I. VOTSIS, *The epistemological status of scientific theories*, p. 39.
40. J. WORRALL, *Structural realism*, p. 101.

existent réellement. Le second argument, d'apparence antiréaliste, nommé sous le vocable de *méta-induction pessimiste*, souligne le *fait* que, en considérant que même les théories ayant obtenu le plus de succès dans le passé ont été supplantées, on peut présumer que les théories actuelles les plus solides connaîtront, dans le futur, un destin semblable. De ce fait, celles-ci ne pourraient pas raisonnablement être considérées comme vraies et même leurs termes ne feraient pas référence à des entités réelles.

La stratégie conciliatoire de Worrall peut fort bien être caractérisée, selon l'expression de Psillos, comme une espèce de *divide et impera*[41]. La version du réalisme structurel *épistémologique*[42] proposée par l'Anglais fait appel à une distinction névralgique entre l'*ontologie* et la *structure* théoriques. Worrall soutient que ce que nous connaissons du monde est seulement sa structure, identifiée dans la théorie par la totalité de ses rapports logico-formels, les équations, à l'exclusion conséquente de la connaissance de n'importe quelles propriétés qualitatives essentielles. Du point de vue évolutif, ce type de réalisme affirme que, durant les changements scientifiques, la structure mathématique des théories serait préservée, tandis qu'il n'y aurait aucun engagement non instrumental pour les *entités* postulées par celles-là. *La distinction entre la structure et l'ontologie théoriques* permet au réaliste structurel de séparer la *discontinuité ontologique*, qui aurait renversé plusieurs des théories du passé, de la *continuité structurelle* des théories, en liant

41. S. PSILLOS, *Scientific realism*, p. 146.
42. Par manque d'espace et de pertinence argumentative, je ne me pencherai pas sur la distinction courante entre les *réalismes structurels épistémologique* et *ontologique*. Pour ne pas dénaturer les interprétations des philosophes mentionnés plus haut, lorsqu'ils jugent Duhem, il suffit de préciser qu'aucun d'entre eux ne le classifie comme un réaliste du second type, c'est-à-dire que tous semblent comprendre que *le réalisme structurel duhémien permet de conserver l'existence d'entités au-delà des structures*, dès lors que les natures de celles-ci demeurent inconnaissables en elles-mêmes. La distinction standard entre les deux types de réalisme structurel peut être trouvée chez J. Ladyman, *What is structural realism?*

à cette partie l'explication du succès prédictif de la science. Le réalisme structurel implique ainsi les idées selon lesquelles, d'une part, la science est une entreprise progressive et structurellement cumulative[43] et, d'autre part, la connaissance offerte par cette structure révèle quelque chose de plus que les simples régularités empiriques[44]. En dernière instance, ce réalisme revendique que la théorie correspond ou tend à correspondre à la réalité par une espèce d'*isomorphisme structurel*. C'est cette correspondance qui lui permet de répondre à l'argument du non-miracle. Le réaliste structurel parvient aussi à expliquer l'existence de discontinuités radicales dans l'histoire de la science en localisant, dans des aspects non-structurels des théories, la cause de ses insuccès. Grâce à cela, il devient compatible avec la *méta-induction pessimiste.*

En dépit de la grande variété de thèses, à teneur instrumentaliste, identifiables dans les textes duhémiens à propos de la théorie physique, des évidences indiscutables attestent également la présence d'une variante du réalisme épistémologique. Un passage de l'article *La valeur de la théorie physique* ne laisse pas de doutes à ce propos :

> « La théorie physique nous confère une certaine connaissance du monde extérieur, qui est irréductible à la connaissance purement empirique ; cette connaissance ne vient ni de l'expérience, ni des procédés mathématiques qu'emploie la théorie ; en sorte que la dissection purement logique de la théorie ne saurait découvrir la fissure par laquelle elle s'est introduite en l'édifice de la Physique »[45].

Un second extrait, contenu dans sa *Notice*, précise l'affirmation antérieure :

---

43. J. WORRALL, *Structural realism*, pp. 108-110 ; S. FRENCH & J. LADYMAN, *In defence of ontic structural realism*, p. 27.
44. B. GOWER, *Cassirer, Schlick and 'structural realism'*, p. 73.
45. P. DUHEM, *La valeur de la théorie physique*, p. 18.

> « Nous admettons que la théorie physique peut atteindre une certaine connaissance de la nature des choses ; mais cette connaissance, purement analogique, nous apparaît comme le terme du progrès de la théorie, comme la limite dont elle s'approche sans cesse sans l'atteindre jamais »[46].

Si la possibilité de la *connaissance de la nature des choses* n'est pas exclue par l'auteur, il convient d'insister sur la caractérisation de la *nature de cette connaissance*. Serait-elle purement structurelle ?

1. La position duhémienne face au réalisme structurel : arguments favorables

Dès le début de ses publications, Duhem souligne l'aspect infondé de la croyance dans le caractère définitif des théories : « nous ne voyons guère les théories s'élever que pour crouler »[47]. Les théories sont comparées à des « châteaux de cartes » et, même lorsque l'une d'entre elles semble s'établir pour de bon, « au premier échec, elle s'écroule de fond en comble, et les physiciens se hâtent d'en balayer les débris afin de faire place à une autre théorie, qui ne s'élèvera à son tour que pour s'effondrer »[48]. Toutefois, chaque fois que cette vision pessimiste est exposée, immédiatement, l'équilibre est rétabli. Une analyse attentive montre que, de ce qui fut acquis, quelque chose semble demeurer, car une théorie « ne disparaît jamais tout entière ; […] une part de ses conquêtes, part quelquefois très grande, souvent petite, jamais nulle, demeure acquise à la science »[49].

C'est dans la norme de ce progrès que les historiens du réalisme structurel ont collecté un renfort pour leur position. Dans *La théorie*

---

46. P. DUHEM, *Notice sur les titres et travaux scientifiques de Pierre Duhem*, p. 157.
47. P. DUHEM, *Introduction à la mécanique chimique*, p. 176.
48. P. DUHEM, *Les théories de l'optique*, p. 122. Cf. aussi P. DUHEM, *L'évolution de la mécanique*, p. 346 ; *La théorie physique*, pp. 410-411.
49. P. DUHEM, *Les théories de l'optique*, p. 123.

physique, le philosophe affirme que le mouvement par lequel la physique évolue peut être décomposé en deux mouvements distincts[50]. L'un d'eux, réservé à la partie explicative des théories, c'est-à-dire aux tentatives d'explication ultime des phénomènes, est affaibli par de constantes ruptures et des abandons successifs qui se manifestent durant l'histoire. Alors que l'autre mouvement, lié à la partie représentative de ces mêmes théories, c'est-à-dire à la traduction mathématique des lois expérimentales, est un processus moins sujet à de brusques altérations, de telle sorte que, lorsqu'une théorie est modifiée, la partie représentative entre presque entièrement dans la nouvelle théorie et que celle-ci hérite de ce que les anciennes possédaient de plus sûr[51]. Sans attendre, les interprètes présupposèrent que la *partie représentative* serait la *structure* des théories, de même que la *partie explicative* serait l'*ontologie* (les entités) de celles-ci[52]. Ainsi, le caractère cumulatif requis par le réalisme structurel serait satisfait du fait de la préservation de la partie purement représentative des théories[53]. À la partie explicative, successivement abandonnée, aucun progrès réel ne pourrait être attribué. Ceci constituerait l'essence de la description duhémienne de l'alternance historique entre les écoles cosmologiques, chaque fois affaiblies dans leur propre ontologie. Les entités théoriques fondamentales de chaque école (le péripatétisme, le cartésianisme, l'atomisme, le newtonianisme[54]) seraient, en quelque sorte, reformulées successivement, en occasionnant de véritables ruptures entre elles.

---

50. P. DUHEM, *La théorie physique*, pp. 464-465.
51. P. DUHEM, *La théorie physique*, pp. 43-44.
52. S. PSILLOS, *Scientific realism*, p. 32 ; I. VOTSIS, *The epistemological status of scientific theories*, p. 38.
53. J. WORRALL, *Structural realism*, p. 109.
54. La plupart du temps, Duhem identifie quatre écoles cosmologiques principales, sous deux formes de présentation. Dans *L'évolution de la mécanique* (cf. pp. 5-31) l'*ordre chronologique* est le suivant : école péripatétique, cartésienne, ato-

Dans cette ligne interprétative, Chiappin affirme que « c'est dans l'ordre, et non dans les entités, que la connaissance théorique doit être recherchée. Pour Duhem, le monde n'est pas un ensemble d'entités. Le concept d'entité n'est pas un concept primaire de son ontologie. Le concept primaire est l'ordre et la structure »[55]. Comme nous n'avons pas une connaissance directe des essences, bien que nous l'ayons des phénomènes et de leurs rapports, c'est l'ordre dans lequel la théorie arrange les *rapports* ou *lois expérimentales* qui doit posséder valeur de savoir ; les rapports seraient comme le mobile permettant une certaine connaissance plus profonde de la nature, et c'est seulement par l'intermédiaire des *rapports expérimentaux* que la théorie pourrait en venir à refléter les *rapports métaphysiques* entre les choses[56].

Il serait difficilement possible de diverger de la caractérisation de Chiappin à propos du réalisme duhémien étant donné la grande quantité de passages dans lesquels Duhem souligne l'importance de l'ordre classificatoire des lois expérimentales. Au-delà d'une *représentation* économique des lois expérimentales, la théorie est, pour le Français, une *classification* de ces lois[57], et c'est dans celle-ci qu'il rencontrera les traits de la *classification naturelle,* à savoir cette théorie idéale et parfaite dont certaines théories particulières se rapprochent plus ou moins durant leur évolution. Cette théorie idéale classifierait les lois

miste et newtonienne. Cet ordre permet à Duhem de mettre en évidence une augmentation, à partir de la révolution cartésienne, des propriétés fondamentales admises, dans la direction d'une reprise de la physique des qualités. En revanche, dans *La théorie physique* (cf. pp. 9-17), l'*ordre logique* (selon la diminution des propriétés essentielles admises) est le suivant : école péripatétique, newtonienne, atomiste et cartésienne. En d'autres occasions, l'auteur (*L'évolution des théories physiques du XVII*[e] *siècle jusqu'à nos jours*, pp. 492-493 ; *Notice sur les titres et travaux scientifiques de Pierre Duhem*, p. 157) identifie deux écoles supplémentaires, nommées respectivement, « nouveau cartésianisme » et « néo-atomisme ».

55. J. CHIAPPIN, *Duhem's theory of science,* p. 202.
56. J. CHIAPPIN, *Duhem's theory of science,* p. 207.
57. P. DUHEM, *La théorie physique*, p. 30.

expérimentales dans un ordre tel qu'il serait analogue à l'ordre ontologique (naturel) inscrit dans le monde[58]. La classification artificielle élaborée par le théoricien sera d'autant plus naturelle que la proximité, entre l'ordre qu'il établit et l'ordre essentiel ou métaphysique des choses, sera grande.

Cependant, notons que la classification créée par le physicien ne consiste pas seulement — ni principalement — dans des équations théoriques, mais bien dans l'*arrangement hiérarchique* dans lequel celles-ci sont disposées. L'intérêt principal de notre auteur *ne* porte *pas* vers la préservation de la « forme » des équations durant les changements scientifiques — comme c'est le cas chez Henri Poincaré[59] —, mais vers leur distribution dans une échelle de généralité au moyen de laquelle, déductivement, la théorie en arrivera à « sauver » les lois expérimentales, qui sont chargées de représenter, au mieux, les régularités phénoménales. De la sorte, il est impératif de noter que la structure en question se passe à un *niveau supérieur* et, pour ainsi dire, de *second rang*, parce qu'elle fait référence à des rapports classificatoires plus généraux, destinés à ordonner d'autres rapports. En un mot : il s'agit d'un *rapport de rapports*.

Nous éclaircissons ceci en nous penchant sur un cas concret, contenu dans les dernières pages de la troisième partie du *Commentaire aux principes de la thermodynamique*, où l'auteur distingue initialement deux positions relatives aux rapports entre la thermodynamique et la dynamique[60]. La première d'entre elles consistait à faire de la thermodynamique une « application de la dynamique ». En se servant d'hypothèses sur la nature substantielle de la *chaleur* présentée par les

---

58. P. DUHEM, *La valeur de la théorie physique*, p. 18 ; *La théorie physique*, p. 35.
59. Donc, le structuralisme duhémien diffère partiellement de celui exposé par le professeur de la Sorbonne ; quelque chose n'ayant pas été perçu par les chercheurs de l'histoire du réalisme structurel.
60. P. DUHEM, *Commentaire aux principes de la thermodynamique*, pp. 284-285.

corps ordinaires, celle-ci sera interprétée comme le résultat d'innombrables et rapides mouvements de particules microscopiques, alors que la *température*, de son côté, était définie comme la « force vive moyenne » de ces mouvements. La seconde position maintenait l'indépendance mutuelle des principes des deux sciences, en empêchant qu'aucune des hypothèses sur la nature de la chaleur ne soit introduite et en interdisant que la thermodynamique ne reçoive, parmi ses principes, des corollaires provenant de la dynamique. Or, si la première position parvenait à expliquer avec succès le premier principe de la thermodynamique, à savoir le principe de la conservation d'énergie, elle était incapable d'expliquer de façon satisfaisante son deuxième principe, le « principe de Carnot », apparemment irréductible aux lois de la dynamique classique. Même une analyse superficielle, affirme l'auteur, serait capable de montrer que, d'un côté, « *tous les mouvements régis par la dynamique de d'Alembert et de Lagrange sont des mouvements renversables* », c'est-à-dire symétriques dans le temps, et que, d'un autre côté, les exemples fournis par la méthode expérimentale et par les faits indiquent que « *les mouvements naturels ne sont pas renversables* »[61]. Il existerait ainsi une « incompatibilité radicale » entre le mécanisme et les phénomènes. La seconde position, quant à elle, obtiendrait bien plus de succès, du fait de la possibilité de construire une théorie de la chaleur autonome par rapport à la dynamique, sans qu'elle ne soit soumise à ses lois. Duhem présente son programme comme une *troisième voie*. À l'instar de la première position, cette troisième voie se fonde sur le projet d'*unifier* la dynamique et la thermodynamique et, comme la seconde, sur le fait de préserver l'autonomie de la thermodynamique et le caractère *phénoménologique* des hypothèses. Son originalité réside dans une *inversion* classificatoire, qui fait de la dynamique, dorénavant « absorbée » par la thermodynamique, un cas particulier de cette dernière. C'est la généralité des principes de la thermodynamique qui permet l'unification et la description adéquates

---

61. P. DUHEM, *L'évolution de la mécanique*, pp. 141-142.

des phénomènes physiques, en respectant l'hétérogénéité du réel. Le réductionnisme, qui anime les tentatives d'expliquer tous les phénomènes moyennant l'agencement de figures géométriques en mouvement, est évité avec l'adoption des principes généraux de la thermodynamique, dont ces propriétés constitueraient un cas particulier. La *nouvelle classification* prétend couvrir les lois de *tous* les mouvements physiques[62] et il n'est pas difficile de comprendre sa réelle signification. Alors que les théories mécanicistes expliquent les lois expérimentales déterminées, comme la loi de la conservation d'énergie, par l'agencement de particules ou d'atomes inobservables qui constitueraient finalement l'essence de la matière, la théorie idéalisée par Duhem classifie cette loi d'une autre manière. Dorénavant, elle sera acceptée comme un postulat primitif qui ne demande aucune justification, ni inductive ni métaphysique, qui irait au-delà de l'approche satisfaisante de ses conséquences par rapport aux lois expérimentales. Dans ce sens, la thermodynamique générale, reçue par l'auteur comme « une des plus parfaites des théories *physiques* » disponibles à l'époque[63], est une ébauche de la classification naturelle et mérite, à ce titre, d'être développée[64].

Une fois faite cette mise en garde, qui avait pour objectif de préciser le structuralisme présent chez Duhem, nous pouvons caractériser le traitement que le philosophe réserve, en général, aux entités.

---

62. Cf. P. DUHEM, *L'évolution des théories physiques du XVIIe siècle jusqu'à nos jours*, pp. 494-499 ; *Le mixte et la combinaison chimique*, pp. 170-171. La mécanique céleste, par exemple, serait une branche de la version généralisée de la thermodynamique (cf. P. DUHEM, *Traité d´énergétique ou de thermodynamique générale*, p. 11).
63. P. DUHEM, *Quelques réflexions au sujet des théories physiques*, p. 158.
64. P. DUHEM, *La théorie physique*, pp. 464-465.

II. La question des entités dans la philosophie duhémienne

Formulée brièvement et, si possible, sans que le souvenir de Ian Hacking ne s'impose à nous en ce moment, le réalisme d'entités affirme qu'au moins certaines des entités postulées par les théories scientifiques matures existent réellement. Il s'agit d'un transfert de la préoccupation pour la détermination de la *valeur de vérité des théories* à la préoccupation pour l'*existence des entités postulées par celles-là*. Il serait possible, pense-t-on, d'affirmer l'existence de ces dernières sans assumer un quelconque engagement par rapport à la vérité des théories, dans lesquelles elles se trouvent. Cette vision expliquerait, par exemple, l'utilisation instrumentale effective de diverses théories inconsistantes pour traiter, sous des aspects distincts (sans tenir compte des problèmes d'incommensurabilité !), d'une « même entité » (l'électron, par exemple), qui serait conservée au travers du changement scientifique.

En adoptant une typologie propre pour classifier les différents types de réalismes d'entités, nous pouvons, dès le départ, les diviser en deux grandes classes, à savoir celle qui concerne les *entités non scientifiques*, d'une part, et celle qui a trait aux *entités scientifiques*, d'autre part. Les entités non scientifiques peuvent être subdivisées en deux genres : (a) celles appartenant au domaine du sens commun, en tant qu'objets observés ordinairement, tels que des pommes, des personnes, des tours, des chevaux, etc., et (b) les entités immatérielles, métaphysiques ou théologiques, comme des âmes et des anges. Les entités scientifiques, de leur côté, peuvent être distribuées en trois genres : (c) dans le premier, se trouvent des entités non observées, mais observables ou, éventuellement et après un certain temps, observées, comme les éléments chimiques galium et germanium, ou des corps célestes, à l'exemple de Neptune. Les entités qui feraient partie du genre suivant (d) seraient inobservables, mais, en fonction de leur capacité d'interagir avec le milieu, manipulables et, donc, détectables par le biais de

leurs effets. Dans ce cas, les électrons et positrons sont cités comme exemples typiques. Enfin, dans le dernier genre (e) seraient incluses les entités abstraites, inobservables et *in*détectables en fonction de leur nature intrinsèque, comme c'est le cas pour les sphères homocentriques, composées d'éther, selon l'astronomie péripatéticienne, et pour l'espace absolu. Les deux derniers genres comprendraient les entités théoriques par excellence.

1. Arguments secondaires favorables au réalisme des entités

Avec ce panorama en tête, nous pouvons débuter notre comparaison. Quant à la première classe (incluant les genres *a* et *b*), moins intéressante par rapport à notre propos, je pense qu'il est suffisant de mentionner que Duhem, pour qui l'homme est en *contact direct avec la réalité* — laquelle n'est jamais dissolue dans des idées qui dissimulent l'être, dans des représentations solipsistes ou dans des complexes d'éléments —, peut être considéré, au niveau du sens commun, comme un *réaliste ingénu*[65]. Les substances matérielles (car la matière existe !)

65. Dans *Quelques réflexions au sujet des théories physiques* (p. 140), Duhem laisse aux philosophes la tâche d'évaluer la certitude des lois inductives ; déjà dans *Physique et métaphysique* (p. 64), il réserve une telle attribution aux métaphysiciens. Or, un an plus tard, dans *Quelques réflexions au sujet de la physique expérimentale*, le physicien français attribue aux lois du sens commun, des lois inductives peu détaillées, une « certitude immédiate » (p. 211), et, à la ressemblance des lois naturelles, une certaine « fixité » (p. 220, p. 222). Enfin, dans *La théorie physique* (p. 260), il ajoute explicitement un nouveau prédicat à la formulation précédente et déclare qu'une loi du sens commun est aussi « absolue ». En effet, Duhem ne problématise pas la connaissance pré-théorique — tout au contraire. Le concept moderne d'idée conçue comme un intermédiaire entre le sujet et l'objet est absent dans ses écrits. On pourrait dire que sous sa théorie de la physique, très raffinée, demeure une théorie rudimentaire de la connaissance. Il ne fait pas la moindre référence, digne d'être notée, à Hume dans ses textes et ne participera pas non plus au débat, bien plus contemporain dans la France d'alors, à propos de la contingence des lois naturelles, instauré par Boutroux dans

sont des entités individuelles[66]. En tant que fidèle catholique, croyant en Dieu, dans les anges et les âmes, Duhem croit également en l'existence d'êtres/d'entités immatériels, mêmes s'ils sont non constatés ou non constatables par l'observation. La question devient plus complexe et plus pressante lorsque nous traitons de la deuxième classe d'entités, telles que celles référencées dans les théories scientifiques.

Dans les premiers chapitres de *La théorie physique,* en élaborant ses considérations sur l'anticipation théorique par rapport à l'observation, l'auteur mentionne le cas des découvertes, indiquées préalablement par les théories chimiques, de nouvelles formules encore non observées[67]. De nombreuses pages plus loin, revenant sur le sujet, il relate la découverte de nouveaux « corps simples », irréductibles au moyen d'analyse alors disponibles. Ces corps nous permettraient, poursuit-il, de mieux connaître les attributs ou « qualités premières » de la matière[68]. Nous pouvons entrevoir, dans ses analyses, un *optimisme épistémologique* en ce qui concerne la notation chimique, nourri par la croyance exprimée dans les bénéfices futurs provenant de la découverte de la radiation au début du XXe siècle, laquelle constituerait la source pour la découverte de *nouveaux corps inconnus*. Un autre exemple est le cas de la fameuse prédiction théorique de l'existence de Neptune, réalisée au

---

les années 1870. Pour une tentative d'expliquer l'engagement duhémien à restreindre ses principales thèses épistémologiques à la physique théorique, en préservant l'objectivité de la connaissance préthéorique, cf. F. LEITE, *Sobre las relaciones epistemológicas entre la física teórica y la metafísica en la obra de Pierre Duhem*.

66. Duhem soutient qu'il existe dans l'univers inanimé diverses *substances* matérielles (P. DUHEM, *L'évolution de la mécanique*, p. 179) ou essences métaphysiques inobservables (P. DUHEM, *L'école anglaise et les théories physiques*, pp. 369-370). Sans le concept de matière brute ou inanimée, la *première distinction* duhémienne entre la physique et la métaphysique n'aurait pas de sens (cf. P. DUHEM, *Physique et métaphysique*, p. 58 ; F. LEITE, *Sobre las relaciones epistemológicas entre la física teórica y la metafísica en la obra de Pierre Duhem*).

67. P. DUHEM, *La théorie physique*, pp. 38-39.

68. P. DUHEM, *La théorie physique*, pp. 194-195.

moyen de l'observation de la perturbation de l'orbite d'Uranus[69]. Si le physicien croit que ses principes possèdent les indices d'une classification naturelle, insiste Duhem, il est nécessaire qu'il parie en faveur de sa théorie et cherche, à ce moment et dans cette région de l'espace, une nouvelle planète. Dans ce cas, la prévision d'une entité encore non observée, bien qu'observable, constituerait l'indice de la vérité des prémisses et de la *confiance* déposée en elles, en fonction des innombrables succès empiriques antérieurs. Tant la découverte d'éléments chimiques inconnus que celle de Neptune sont des prévisions théoriques d'entités *matérielles* qui se fondent parfaitement dans la structure formelle de l'argument du non-miracle. Worrall lui-même reconnaît que Duhem se sert de cette ressource argumentative[70] et mentionne (cette fois sans avoir recours à notre auteur) la prévision de Neptune comme un cas concret digne d'être noté en faveur du réalisme scientifique[71].

Il est impossible de tenir compte des exemples du paragraphe précédent, sans nous rappeler le notoire anti-atomisme duhémien. Il est envisageable qu'une grande partie du soutien reçu par l'interprétation structuraliste provienne de son refus obstiné des théories atomiques. Cependant, *l'argument qui rejaillit de son anti-atomisme vers l'anti-réalisme d'entités et, par conséquent, vers le réalisme structurel, ne nous semble pas adéquat*. En premier lieu, parce que l'atomisme n'épuise pas toutes les formes de réalisme et, ainsi, le refus des théories atomiques n'implique pas l'antiréalisme (en témoigne l'énergétisme réaliste de Wilhelm Ostwald). L'anti-atomisme du professeur bordelais n'a pas pour conséquence d'empêcher une autre forme de réalisme que

---

69. P. DUHEM, *La théorie physique*, p. 296.
70. J. WORRALL, *Structural realism*, pp. 102-103.
71. J. WORRALL, *Structural realism*, p. 103.

nous pourrions trouver dans ses textes. L'atomisme (chimique) n'entraine même pas le réalisme (comme le soulignaient August Kekulé et Carl Gerhardt)[72]. La même chose, dénonce Duhem, vaut pour le mécanisme selon les moules de l'école anglaise, ouvertement instrumentaliste. En second lieu, on peut être anti-atomiste et, même ainsi, réaliste d'entités, étant donné que la généralisation selon laquelle les atomes seraient les seules entités théoriques imaginables est erronée. Duhem ne refuse pas l'atomisme du fait qu'il est hypothétique, car toutes les théories physiques le sont. L'atomisme n'est pas non plus censuré pour avoir postulé des entités inobservables et abstraites, car l'Énergétique elle-même dépend, par exemple, du postulat d'une horloge absolue et d'un trièdre fixe de référence absolue, auxquels les corps concrets seraient liés[73]. Il est indispensable de noter que le principal critère utilisé par Duhem en ce qui concerne sa critique envers les théories atomiques (à l'époque, elles étaient nombreuses et il n'existait pas d'acceptation consensuelle de l'une d'entre elles en particulier) est justement l'*adéquation empirique*[74]. La raison première de ses réserves trouve sa

---

72. B. BENSAUDE-VINCENT, *Atomism and positivism*, pp. 90-91.
73. P. DUHEM, *Traité d'énergétique ou de thermodynamique générale*, pp. 6-13.
74. McMullin (*Comment: Duhem's middle way*, p. 426) diverge de cette interprétation, considérant le rejet duhémien envers l'atomisme comme une question de principe. Pour lui, « des molécules, des atomes et des électrons » (entités matérielles) ne feraient pas partie de la classification naturelle, laquelle avoisinerait la thermodynamique généralisée. Il oublie cependant que même celle-ci a besoin du postulat d'un temps et d'un espace absolus (entités immatérielles). Jaki, de son côté, note que le fait que Duhem réaffirme sa position méthodologique après les fameuses expériences de Perrin (lesquelles auraient même, selon le commentateur, persuadé Oswald et Mach de l'existence des atomes) signifierait que le refus de notre auteur envers l'atomisme de son époque était avant tout dû à son caractère métaphysique. Selon le père bénédictin, ce qui sous-tendait les critiques duhémiennes envers l'atome, c'était la vision de celui-ci en tant qu'explication ultime de la réalité et, en cela, insiste-t-il, le savant français avait raison, car les défenseurs de l'atomisme d'alors verraient dans l'atome la substance ultime, *indivisible*, et n'imaginaient pas qu'il soit constitué de « parties », comme nous le savons aujourd'hui (St. L. JAKI, *Introductory essay*, pp. XIV-XV ; IDEM, *Uneasy genius*, p. 362 ; IDEM, *Introduction*, pp. 12-13).

source dans l'*in*succès des théories de ce genre à sauver, de façon adéquate, les apparences. Dans *Le mixte et la combinaison chimique*, il déclare que les théories atomiques tournent invariablement en rond avec d'infinies contradictions expérimentales[75], en flagrant désaccord avec les faits. Ainsi, lorsque l'on recherche dans la notation chimique « une image de l'agencement des atomes et de la structure des molécules, on ne rencontre plus de toutes parts qu'obscurité, incohérence et contradiction »[76]. L'incohérence logique des théories atomiques et la contradiction expérimentale finissent par les discréditer, en les réduisant à un instrument *in*efficace. Évidemment, de futures corrections dans les théories réfutées pourront être faites, mais presque toujours aux dépens de complications successives et de l'introduction arbitraire d'hypothèses *ad hoc*. Face à de tels procédés, le *bon sens* du physicien, saisi d'un sentiment de *bizarrerie*, versera inévitablement dans la suspicion : il suspectera que les choses ne se déroulent pas, dans la réalité, comme la théorie, raccommodée, l'affirme[77]. En résumé, *les théories atomiques alors en vigueur ne sont pas critiquées en fonction d'un principe structuraliste*, mais en tant que structures hautement indéterminées, contradictoires et destituées d'adéquation empirique. Par conséquent, face à la question de McMullin[78] : « Pourquoi ne lui [à Duhem] est-il pas venu à l'esprit que le type d'argument qu'il utilise en faveur de son réalisme de rapports pourrait très facilement être utilisé en faveur d'un réalisme de micro-entité ? », nous répondons : parce que Duhem ne croyait simplement pas que l'atomisme fournissait les meilleures explications disponibles. Il n'y a pas de sens, en partant de cette

---

75. Cf. P. DUHEM, *Le mixte et la combinaison chimique*, pp. 139-143.
76. P. DUHEM, *Le mixte et la combinaison chimique*, p. 144.
77. P. DUHEM, *L'évolution des théories physiques du XVIIe siècle jusqu'à nos jours*, p. 493.
78. E. MCMULLIN, *Comment: Duhem's middle way*, p. 427.

vision, à utiliser le « succès » des théories atomiques en tant que prémisses pour composer un argument en faveur de l'atomisme ou même en faveur du réalisme scientifique. Qui plus est, comme nous le verrons par après, notre philosophe utilisera réellement l'argument du non-miracle en faveur de l'existence d'un autre type d'entité, qui, par définition, est métaphysique, à savoir l'espace absolu. Tournons-nous donc vers celui-ci.

2. Le principal argument favorable au réalisme des entités : l'espace absolu

Notre dernier et plus important exemple se trouve dans *Le mouvement absolu et le mouvement relatif*, œuvre encore fort peu étudiée[79]. Dans ses pages finales, le philosophe réaffirme ce qui a été dit depuis le début : les seuls mouvements que nous connaissons au travers de l'expérience directe sont les mouvements relatifs. Savoir si c'est la Terre qui tourne autour du Soleil ou si celle-ci reste en repos alors qu'elle est encerclée par le mouvement solaire est une question qui, *du point de vue de la méthode expérimentale*, n'a simplement pas de sens, à partir du moment où la détermination de la question présuppose la réalité de l'espace absolu[80]. Comme l'espace absolu est inaccessible à l'expérience, toute altercation autour de cette détermination serait métaphysique et, physiquement, insoluble. En allant au-delà du domaine strictement empirique, en pénétrant dans le terrain philosophique, nous nous risquons de verser dans la dissension. En effet, qu'est-ce que la pure expérience nous permet d'affirmer ?

Nous avons pris l'exemple d'une loi du sens commun, utilisée par Duhem dans ses réflexions sur la physique expérimentale : « à Paris, le

79. D'un abord difficile, cette œuvre n'a reçu, jusqu'à présent, aucune analyse digne d'être notée. Elle n'a, d'ailleurs, jamais été rééditée ni traduite, ni totalement ni partiellement. Bien que la date contenue dans la page de garde soit 1907, elle a été publiée dans les pages de la *Revue de philosophie*, entre septembre 1907 et mai 1909.

80. P. DUHEM, *Le mouvement absolu et le mouvement relatif*, p. 6.

soleil se lève chaque jour à l'orient, monte dans le ciel, puis s'abaisse et se couche à l'occident »[81]. Cette loi, nous assure l'auteur, est un calque fidèle de l'expérience et, à ses termes, correspond *toujours* un être particulier concret (le Soleil, Paris, le ciel, etc.). À propos de la vérité d'une telle loi, le paysan, le physicien et le métaphysicien seront forcément d'accord. Un rapide examen de cette proposition nous révèle qu'il n'existe pas, en elle, une quelconque référence à un mouvement absolu ni une quelconque inférence à partir d'un système préalable de connaissances (à l'exception, bien sûr, de l'utilisation adéquate du langage dans lequel la loi est exprimée). Sa version de la loi du sens commun — malgré les justifications cosmologiques ou empiriques des péripatéticiens et des galiléens ! — indique que le sens commun en tant que tel, à l'état pur, n'affirme pas que la Terre est à l'arrêt ou qu'elle bouge. Le mouvement du Soleil se passe par rapport à un référentiel fixé sur Paris. À partir d'une telle loi, il n'est pas possible de dériver vers un quelconque lien logique, que ce soit vis-à-vis du système héliocentrique ou géocentrique[82].

Quelque chose de différent se passe dans la physique théorique, dont les concepts possèdent une autre nature. Déjà, dans *La théorie*

---

81. P. DUHEM, *Quelques réflexions au sujet de la physique expérimentale*, p. 216.
82. Le témoignage d'André Chevrillon, collègue de Duhem à Lille, confirme l'exposé : « Il [Duhem] me dit, un jour, qu'on pouvait concevoir un système cosmologique qui expliquerait scientifiquement le miracle de Josué arrêtant quelque temps la course apparente du soleil. Il ne me persuada pas, mais en revanche il m'apprit que l'ancienne théorie qui montrait la terre immobile et le soleil tournant autour d'elle, n'était pas logiquement absurde, et qu'il était impossible de démontrer que l'Église s'était trompée en condamnant Galilée. Duhem, je le compris, avait sur ce point parfaitement raison. L'ancien système n'était qu'une représentation beaucoup plus compliquée des choses, mais non pas moins logique, et, d'ailleurs, comme il m'en convainquit encore, il n'y a pas de mouvement absolu » (H. PIERRE-DUHEM, *Un savant français*, p. 73). Selon Duhem, le même raisonnement serait, selon Chevrillon (p. 74), valable pour les théories de l'éther.

physique, en critiquant la formulation inductive des principes plus généraux de la physique, Duhem cherchait à valider la thèse selon laquelle la théorie physique ne peut pas être construite convenablement en étant basée seulement sur des mouvements relatifs. *Le principe d'inertie lui-même, fondamental pour la physique classique, exige l'acceptation de mouvements absolus* :

> « [...] on ne peut donc donner un sens expérimental à ce principe [le principe de l'inertie] que si l'on suppose choisi un certain terme, un certain solide géométrique pris comme repère fixe, auquel le mouvement du point matériel soit rapporté. *La fixation de ce repère fait partie intégrante de l'énoncé de la loi ; si l'on omettait cette fixation, cet énoncé serait dénué de signification* »[83].

Bien que Descartes soit, aux yeux de Duhem, le premier à avoir énoncé clairement le principe d'inertie, sa physique relativiste était incompatible avec des mouvements inertiels[84]. Pour que le principe d'inertie soit concevable, il est nécessaire d'opter, *par convention*, pour la fixation d'un point de référence auquel les mouvements des corps concrets seront rapportés. Le choix du référentiel, que ce soit la Terre, le Soleil ou les étoiles fixes, affecte la formulation de la loi : un mouvement dit rectiligne et uniforme par rapport à la Terre ne le sera pas vis-à-vis du Soleil[85]. D'un autre côté, il est toujours possible de choisir un système de référence qui rende vrai l'énoncé du principe : faux pour

---

83. P. DUHEM, *La théorie physique*, pp. 323-324. Nous soulignons. En vérité, la proposition : « Le centre de gravité d'un corps absolument isolé se meut d'un mouvement rectiligne et uniforme » ne dépend pas seulement de la fixation d'un certain *trièdre absolument fixe* de référence pour évaluer ce *mouvement*, mais *aussi* d'une certaine *horloge absolue* pour juger de l'*uniformité* du mouvement. Des mouvements rapportés à ce trièdre et à cette horloge nous dirons qu'ils sont des *mouvements absolus*. Cf. P. DUHEM, *Traité d´énergétique ou de thermodynamique générale*, p. 9.
84. P. DUHEM, *Le mouvement absolu et le mouvement relatif*, pp. 185-186.
85. P. DUHEM, *Compte rendu d'Ernst Mach*, pp. 275-276.

un système, il sera vrai pour un autre, arbitrairement choisi. Donc, affirme Duhem, le principe d'inertie *n*'est *pas* vérifiable *directement et isolément* par l'expérience.

Jusqu'ici, la position duhémienne est très proche de celle de Poincaré, dont l'autorité est dûment reconnue[86]. Mais Duhem va plus loin et, en prenant ses distances vis-à-vis de son compatriote, il affirme que le principe d'inertie, ainsi que *tous* les principes théoriques de la physique et de la chimie, sont impliqués dans un cas de *réfutation* expérimentale. Il s'agit d'une conséquence directe de la thèse holiste[87]. Les principes qui n'ont aucun sens empirique sont jugés par le biais de leur concaténation avec les autres hypothèses qui composent la théorie. Le revers de la médaille, qu'il faut instamment mettre en exergue, est le cas de la *confirmation* expérimentale : si elle s'avère un succès lors d'une *expérience d'épreuve*, c'est toute la théorie qui est confirmée. C'est ce qui est arrivé avec la mécanique céleste, suite à la prévision correcte de la position de Neptune ; c'est sur la théorie, *dans son entièreté*, que retomba le caractère de classification naturelle. De même, « l'exactitude des lois de l'énergétique n'est pas indépendante du choix de l'horloge à laquelle on rapporte le temps et du trièdre de référence auquel on rapporte les mouvements »[88]. Comme de tels choix ont des conséquences empiriques, les confirmations reçues par l'énergétique agissent rétroactivement sur leurs hypothèses les plus fondamentales, parmi lesquelles l'option du trièdre de référence et le principe de l'inertie.

---

86. P. DUHEM, *La théorie physique*, p. 325 ; H. POINCARÉ, *La science et l'hypothèse*, p. 140.
87. P. DUHEM, *La théorie physique*, pp. 327-329 ; *Traité d´énergétique ou de thermodynamique générale*, p. 11.
88. P. DUHEM, *Traité d´énergétique ou de thermodynamique générale*, p. 9.

Nous avons vu que, isolément, le principe en question est sous-déterminé par l'expérience et que, conjointement avec d'autres hypothèses, il devient testable. L'indétermination des théories qui l'utilisent diminue encore davantage lorsque l'on prétend représenter de nouvelles *classes non exclusivement cinématiques* de phénomènes, telles que les classes *électriques* et *magnétiques*[89]. À ce moment-là, on ne peut déjà plus sauver des phénomènes déterminés comme étant, indifféremment, en mouvement ou en repos, sans qu'il ne soit nécessaire d'*introduire des ajustements qui ont des répercussions sur la simplicité théorique*. Bien qu'il soit *logiquement* possible, à l'instar des Anciens, de considérer la Terre comme le corps absolument fixe auquel seront liés les autres mouvements, ce stratagème entrainerait la « condition d'adopter un système énergétique [...] beaucoup moins simple » que celui proposé par Duhem[90]. Les alternatives imaginables capables de sauver les apparences ne le font pas, d'un point de vue esthétique, d'une manière équivalente : « Il existe donc une certaine manière de choisir le trièdre de référence, de telle sorte que la théorie physique ait son maximum de simplicité et d'élégance »[91].

Comme « le choix du trièdre de référence est une des hypothèses sur lesquelles repose la construction de la théorie physique »[92], Duhem sélectionne deux critères fondamentaux pour l'aider : l'*approximation suffisante* des mouvements représentés et une *forme simple* qui satisfasse l'esprit[93]. L'appréciation de la valeur du choix provient davantage de « motifs d'ordre esthétique » que de raisonnements d'ordre logique[94]. *La maximisation des vertus empiriques et esthétiques tend à augmenter proportionnellement la croyance dans la valeur de vérité*

89. P. DUHEM, *Le mouvement absolu et le mouvement relatif*, p. 273, p. 275.
90. P. DUHEM, *Traité d´énergétique ou de thermodynamique générale*, p. 11.
91. P. DUHEM, *Le mouvement absolu et le mouvement relatif*, p. 275.
92. P. DUHEM, *Le mouvement absolu et le mouvement relatif*, p. 276.
93. P. DUHEM, *Le mouvement absolu et le mouvement relatif*, p. 274.
94. P. DUHEM, *Le mouvement absolu et le mouvement relatif*, p. 277.

de la théorie qui les satisfait[95]. Ceci explique l' « irrésistible tendance » métaphysique qui pousse le physicien à établir l'analogie suivante :

> « [...] de même que l'on est conduit à regarder les mouvements relatifs des divers corps théoriques comme n'étant point, *en la théorie physique*, quelque chose de premier et d'irréductible, mais comme étant un effet secondaire, un résultat du mouvement privilégié de chacun de ces corps, de même on est poussé à admettre que les mouvements relatifs des corps concrets ne sont pas, *en la réalité*, quelque chose de primordial, qu'ils représentent quelque chose de dérivé et qu'ils sont la conséquence du *mouvement absolu* de chacun des corps concrets »[96].

La théorie physique ne peut pas être construite de manière adéquate sans l'assomption de *mouvements absolus privilégiés*, liés directement au *trièdre de référence privilégié* – l'espace absolu. Celui-ci « s'offre donc comme le fondement nécessaire de notre théorie du mouvement »[97]. Des raisons qui prennent en compte l'approximation entre la théorie et l'expérience, aussi bien que la simplicité relative entre les théories adversaires, nous conduiraient, insiste Duhem, à considérer les

---

95. Dans sa critique — globalement correcte — envers ce qu'il a appelé le « mythe du simplisme duhémien », Maiocchi (*Chimica e filosofia*, p. 210, p. 219) cherche à démontrer que la simplicité n'est pas un critère de premier ordre dans la méthodologie duhémienne, mais seulement un des critères possibles (p. 211). Assurément, l'adéquation empirique a, dans ses textes, une importance supérieure, mais, d'un autre côté, Duhem insiste sur le fait qu'il est toujours possible de recomposer une théorie rendue fausse, moyennant l'introduction d'hypothèses *ad hoc*, de façon à la sauver du démenti expérimental. Et ce sont ces subterfuges qui, en compliquant la théorie, la rendent, du point de vue esthétique, insatisfaisante. Dans l'exemple cité plus haut, la simplicité est loin d'être un critère « superflu » (p. 214) ; c'est elle qui oriente le choix pragmatique entre les théories et, en outre, la croyance réaliste selon laquelle la théorie la plus adéquate et la plus simple est capable de correspondre avec la réalité. Dans ce cas-ci, des *valeurs esthétiques* acquièrent une prédominance.
96. P. DUHEM, *Le mouvement absolu et le mouvement relatif*, p. 278.
97. P. DUHEM, *Le mouvement absolu et le mouvement relatif*, p. 204.

mouvements relatifs des *corps théoriques* comme n'étant pas primitifs, mais *résultants*. De même, nous sommes amenés à considérer les mouvements relatifs des corps concrets observés comme n'étant pas primordiaux, mais *dérivés et conséquents* (le langage utilisé par l'auteur est franchement causal, établissant une hiérarchie entre les mouvements). Le mouvement privilégié des corps théoriques devient un *indice* du mouvement absolu des corps concrets ! Contrairement au mouvement relatif, le mouvement absolu ne pourrait être constaté par aucune expérience, bien que la question à propos de son existence ne puisse être évitée : « L'expérience et la théorie nous pressent donc d'affirmer l'existence de mouvements absolus »[98]. À ce moment, note Duhem, on n'est plus en train de faire de la physique, mais de la métaphysique. Si, dans le *Système du monde*[99], il affirme que traiter de la réalité ou de la fictionnalité de la question de l'espace absolu est la tâche du philosophe, c'est parce qu'à ce moment, il prétend faire un travail d'historien impartial. Cependant, à la fin de *Le mouvement*, Duhem cède à la tentation philosophique, comme en témoigne la conclusion par laquelle il achève ses réflexions : en stimulant le théorique avec une affirmation métaphysique de l'existence de mouvements absolus, la théorie physique le pousse à une acceptation de la réalité de l'espace absolu — soit une *entité* théorique — « *dont l'existence ne se constate pas mais se conclut*, car sans elle, on ne pourrait constituer la théorie du lieu et du mouvement »[100].

Le trièdre absolument rigide exigé par la théorie ne peut être identifié avec aucun corps concret. Si Duhem adopte les « étoiles dites fixes » comme référentiel pour son énergétique[101], ce choix est fait en suivant la condition *philosophique* selon laquelle la théorie physique n'a pas pour objet d'être une description exacte du monde concret, mais

98. P. DUHEM, *Le mouvement absolu et le mouvement relatif*, p. 279.
99. P. DUHEM, *Le système du monde*, p. 34.
100. P. DUHEM, *Le mouvement absolu et le mouvement relatif*, p. 193. Nous soulignons.
101. P. DUHEM, *Traité d'énergétique ou de thermodynamique générale*, p. 12.

seulement une *représentation approximative* de celui-ci. Une fois cette condition satisfaite, le *mouvement propre des étoiles*, connu depuis le début du XVIIIe siècle et sous-entendu par la mécanique newtonienne[102], peut être négligé. Dans une tentative d'identifier les étoiles avec le repère absolu, Duhem dénonce une *petitio principii*, vu que, si les étoiles se déplacent, il est indispensable de stipuler par rapport à quoi elles le font : « il leur faudra donc admettre que le corps rigoureusement indéformable qu'ils conviendront de traiter en repère rigoureusement fixe, est un corps inaccessible à l'observation directe »[103]. Ce nouveau pas l'éloigne d'Ernst Mach pour le rapprocher de Kant et de Carl Neumann, auxquels une grande attention est concédée dans *Le mouvement*[104].

Ainsi, le concept d'espace absolu s'impose comme : *nécessaire*, lorsque l'on adopte une physique inertielle ; *conventionnel*, lorsqu'il s'agit de fixer le référentiel inertiel et de déterminer les mouvements absolus des corps théoriques ; et *métaphysique*, quand on suppose que de tels mouvements correspondent aux mouvements des corps concrets. Dorénavant, on comprend pourquoi, bien qu'aucune expérience ne puisse démontrer catégoriquement l'existence de mouvements absolus, Duhem ne considère pas l'espace absolu comme un vestige des entités métaphysiques médiévales, comme le fit Mach.

En soulignant que les observations astronomiques, indépendamment du degré de précision qu'elles parviennent à atteindre, feront *toujours* face aux mouvements relatifs et qu'elles ne pourront jamais démontrer définitivement si c'est la Terre ou le Soleil qui se déplace, Duhem prépare une idée qui sera développée dans *Σῴζειν τὰ φαινόμενα*.

---

102. P. DUHEM, *Le mouvement absolu et le mouvement relatif*, p. 192.
103. P. DUHEM, *Le mouvement absolu et le mouvement relatif*, pp. 192-193.
104. Duhem associe le trièdre de référence idéal, dont traite la théorie physique, au *corps Alpha* de Neumann et à l'*espace absolu* de Kant (Cf. P. DUHEM, *Le mouvement absolu et le mouvement relatif*, pp. 193-205).

Dans ce petit ouvrage, il affirme que la confrontation entre Galilée et l'Église a représenté le choc entre deux réalismes[105] : le réalisme « impénitent » du Pisan et celui, « intransigeant », des péripatéticiens du Saint-Office[106]. Les deux positions présupposent la détermination du mouvement absolu de la Terre. Dans une lecture inhabituelle, Lechalas[107] a entrevu, dans le dernier paragraphe de l'œuvre, un hommage à Kepler et Galilée, identifié dans leur exigence d'*unifier* les mécaniques céleste et sublunaire, quelque chose qui aurait ouvert la voie à Newton. Un nouvel et indirect hommage peut être trouvé à la fin de *Le mouvement*, où le mouvement de la Terre est *métaphysiquement* affirmé. Si le réalisme soutenu par le Pisan est qualifié d'« illogique »[108] dans *Σῴζειν τὰ φαινόμενα*, dans un exemple supplémentaire de ce *renversement du pour au contre*, tellement fréquent dans les œuvres de la période intermédiaire, les conclusions de *Le mouvement* rendent justice aux philosophes de la nature, en démontrant que le débat millénaire, dans lequel ils se sont impliqués, n'était pas complètement dépourvu de sens : les raisons qui les guidaient dans leurs affirmations étaient métaphysiques[109]. Comme l'a bien défini Désiré Nys :

> « En nous montrant cet accord entrevu et même presque exigé entre les indications de la physique sur la réalité du mouvement absolu et les affirmations de la métaphysique, Duhem nous fait voir en même temps combien les spéculations philosophiques, en apparence les plus subtiles et les plus transcendantes, constituent cependant le couronnement naturel des sciences de la matière »[110].

Toute tentative visant à discriminer, par voie analogique, un système cosmologique à partir des théories modernes du mouvement, ne favorisera pas, comme cela était survenu dans *Physique de croyant*, le

---

105. P. DUHEM, *Σῴζειν τὰ φαινόμενα*, p. 128.
106. P. DUHEM, *Σῴζειν τὰ φαινόμενα*, p. 135.
107. G. LECHALAS, *M. Duhem et la théorie physique*, p. 156.
108. P. DUHEM, *Σῴζειν τὰ φαινόμενα*, p. 136.
109. P. DUHEM, *Le mouvement absolu et le mouvement relatif*, p. 7.
110. D. NYS, *N'y a-t-il dans l'univers que des mouvements relatifs ?*, p. 194.

péripatétisme (avec sa Terre immobile au centre d'un univers fermé par l'orbe des étoiles fixes), mais, à proprement parler, une physique inertielle.

III. Ni cumulativisme dans la partie représentative, ni stagnation cognitive dans la partie explicative

Dans cette section, je prétends défendre mon interprétation par le biais de quelques observations sur la description duhémienne des évolutions de la physique et de la métaphysique. Nous avons vu que, pour le réaliste structurel, la science exhibe un cumulativisme structurel associé à un discontinuisme ontologique. Il est important de remarquer que Duhem rejetait le cumulativisme au moyen de ses critiques connues envers (a) l'apriorisme métaphysique, de type cartésien ; (b) la méthode inductive ou newtonienne ; (c) le vérificationnisme, et ; (d) l'expérience cruciale. Toutefois, l'abandon de ces procédés n'entraine pas l'élimination d'un possible cumulativisme en ce qui concerne la représentation théorique, et c'est exactement sur le progrès de la partie représentative des théories que les défenseurs de la thèse que nous prétendons délimiter ici s'appuient. Voici le passage qui détaille ce progrès :

> « [...] lorsque les progrès de la Physique expérimentale mettent la théorie en défaut, lorsqu'ils l'obligent à se modifier, à se transformer, la partie purement représentative entre *presque* entière dans la théorie nouvelle, lui apportant l'héritage de tout ce que l'ancienne théorie possédait de plus précieux, tandis que la partie explicative tombe pour faire place à une autre explication »[111].

111. P. DUHEM, *La théorie physique*, pp. 43-44. Nous soulignons.

Nous observons en premier lieu que, à la rigueur, l'extrait ci-dessus affirme que la part représentative n'entre *jamais* entièrement dans la nouvelle théorie : quelque chose est toujours altéré. Cette conclusion peut être obtenue indirectement en mettant en contraste les évolutions de la physique et des mathématiques. Dès le début de *La théorie physique*, il devient clair que le cumulativisme strict est alloué exclusivement aux mathématiques, dont les doctrines « se développent par un *progrès continu*, sans que les conquêtes nouvelles fassent rien perdre des domaines antérieurement acquis »[112]. La connaissance mathématique croît par *simple accumulation* et se développe sans que des révisions postérieures ne soient faites dans ses axiomes. La force démonstrative d'un théorème garantit, *une fois pour toutes*, son entrée dans le canon des certitudes mathématiques acquises et conduit au « consentement universel ». Toutefois, le *fondationnalisme* mathématique ne se prolonge pas au domaine de la physique théorique, laquelle est au contraire *faillibiliste* et soumise à des retouches sans fin. Ceci explique pourquoi Duhem veut, à tout prix, assurer à la théorie un progrès tel que celui qui est en vigueur dans les mathématiques.

Les considérations du paragraphe précédent ne font qu'ouvrir un espace logique pour l'existence de discontinuités représentatives. Il convient, au moins, que nous indiquions *matériellement* quelques-unes des ruptures reconnues par le philosophe tout au long de son œuvre. Toujours dans *La théorie physique*, la *découverte de la diffraction* est décrite comme un évènement ayant eu pour conséquence que l'optique, la catoptrique et la dioptrique ont dû être reconstruites sur des « fondements entièrement nouveaux »[113]. L'hypothèse selon laquelle la lumière se propage en ligne droite dans un milieu homogène « représentait » un immense nombre de faits, mais l'« audacieuse résolution » des physiciens, consistant à accommoder théoriquement les phénomènes de la diffraction, les ont conduits à « renverser de fond en comble »

112. P. DUHEM, *La théorie physique*, p. 8. Nous soulignons.
113. P. DUHEM, *La théorie physique*, p. 322.

cette hypothèse « millénaire », déjà considérée comme un « axiome inviolable ». Il nous serait difficile de nier que cette altération profonde se soit produite entre deux représentations. La même situation se produit avec la substitution, au rapport aristotélicien qui établissait la proportionnalité entre la vitesse et la force qui agit sur un mobile, du rapport qui lie directement la force à l'accélération. Ce changement, avance l'historien, est à la base de la « révolution accomplie en dynamique par le XVIe siècle »[114]. C'est en elle que consiste « la révolution qui a substitué la dynamique moderne à la dynamique ancienne »[115]. Cette « révolution » se fait en parallèle avec une rupture épistémologique entre la dynamique aristotélicienne, calquée sur le sens commun[116], et la dynamique classique. Nous pouvons dire que, suivant la formulation duhémienne, les enseignements du sens commun sont pour les théories physiques ce que la dynamique péripatéticienne est pour la dynamique moderne. Finalement, en une formulation comparative, Duhem défendra également que « by teaching that the planets described ellipses instead of circles, he [Kepler] produced in astronomy a revolution greater by far than that caused by Copernicus »[117]. La décision de Kepler d'utiliser des ellipses au lieu des cercles a conduit, « dans l'astronomie », à des impacts supérieurs à ceux de la révolution de Copernic, lequel était resté fidèle, à cette occasion, à la tradition grecque. L'utilisation d'ellipses, au détriment de cercles, est une ressource mathématico-représentative par excellence et nous savons que

---

114. P. DUHEM, *Les origines de la statique*, vol. 1, p. 123. Si, en 1904, la conception du professeur bordelais sur l'*histoire de la statique* a déjà été modifiée, sa vision de l'*histoire de la dynamique* restera pratiquement inchangée. Comme nous le démontrons ailleurs (F. LEITE, *A gênese e a persistência do historiador medieval*), Duhem ne connaissait pas encore les contributions de Jean Buridan et Nicole Oresme.
115. P. DUHEM, *De l'accélération produite par une force constante*, p. 901.
116. P. DUHEM, *La théorie physique*, p. 401.
117. P. DUHEM, *History of physics*, p. 195.

Duhem octroie aux lois de Kepler — particulièrement à la loi des ellipses — un statut phénoménologique[118] !

De fait, il est possible de montrer que Duhem n'a jamais nié la possibilité de l'existence de révolutions dans l'histoire des théories. Son continuisme n'est pas suffisamment exclusif au point de l'amener à abandonner complètement la catégorie de révolution[119]. C'est peu à peu que le continuisme duhémien se construit, mais la vision d'une histoire révolutionnaire ne sera jamais abandonnée[120]. Les trois cas mentionnés plus haut affectèrent l'optique, la dynamique et l'astronomie et, en dépit de l'impact cosmologique qu'ils eurent, ils se déroulèrent dans la partie représentative des théories, en imposant la *re*construction de leurs domaines respectifs.

Ajoutons que sa conception historique est pleinement compatible avec l'idée de progrès en ce qui concerne les solutions métaphysiques. Nous revenons à la question de l'espace absolu. Nous avons vu que la question à propos de l'existence de l'espace absolu dépasse les limites décisionnelles de l'expérience, puisqu'elle est, en l'occurrence, métaphysique. Donc, toute et n'importe quelle théorie ayant trait à la réalité

---

118. P. DUHEM, *La théorie physique*, pp. 293-295. Nous savons que, par son attribution de mouvements elliptiques aux planètes autour du Soleil, Kepler sera considéré par Paul Mansion, le partenaire intellectuel de Duhem sur de nombreux aspects, comme le véritable fondateur de l'astronomie moderne. Cf. P. MANSION, *Note sur le caractère géométrique de l'ancienne astronomie*, p. 277, n. 1, p. 278.
119. Cf., dans ce volume, J.-Fr. STOFFEL, *L'« Histoire de la physique » de Pierre Duhem : contexte et analyse d'une publication singulière*.
120. R. Maiocchi (*Chimica e filosofia*) est devenu la principale référence acceptée par les spécialistes en ce qui concerne le continuisme duhémien (cf. R. N. D. MARTIN, *Pierre Duhem*, p. 128 ; J.-Fr. STOFFEL, *Le phénoménalisme problématique de Pierre Duhem*, p. 243), bien que l'Italien ne cite textuellement, dans son livre, que très peu de passages du *Système du monde* ! Nous avons déjà remis en question l'interprétation continuiste de Duhem dans F. LEITE, *Um estudo sobre a filosofia da história e sobre a historiografia da ciência de Pierre Duhem*, pp. 256-381, et nous le ferons à nouveau, dans un article qui doit être publié dans le deuxième numéro de la revue *Transversal* (2017).

des mouvements absolus est, en principe, condamnée à subir de sévères modifications. Toutefois, dans les conclusions de *Le mouvement*, l'auteur entrevoit la possibilité de progrès en ce qui concerne les questions *philosophiques*. Éternellement posées par l'esprit humain, de telles questions reçoivent, affirme-t-il, des réponses successivement contraires, abandonnées l'instant suivant, sans qu'il ne soit possible de fournir des raisons démonstratives provenant d'aucune d'entre elles. Mais, s'il est incorrect de penser à une continuité stricte entre les différentes solutions métaphysiques, il peut exister une *perfectibilité* réelle :

> « Mais, lorsqu'une théorie philosophique, jadis en vogue, est reprise après des siècles de délaissement, la forme sous laquelle elle émerge n'est pas absolument identique à celle dont elle était revêtue au moment où l'oubli l'avait engloutie ; elle reparaît plus claire, plus précise, plus riche de contenu, en un mot plus parfaite »[121].

Duhem caractérise l'alternance entre l'affirmation et la négation de l'existence de mouvements absolus comme une « loi générale qui préside au développement de la philosophie » et divise en trois les moments historiques dans lesquels le débat s'est intensifié : la préoccupation initiale des *Grecs* fut ravivée par les *médiévaux* et discutée une troisième fois par les *modernes*, lorsqu'elle atteignit une précision extraordinaire[122]. Dans les intervalles, alors que la discussion s'était apaisée, de nouvelles évidences surgirent, de nouveaux arguments furent élaborés, d'anciennes idées préconçues furent écartées et, lors de sa reprise dans la modernité, la décision s'imposa de façon plus convaincante. En ayant leur attention tournée vers la résolution de problèmes étrangers à la philosophie, les esprits firent inconsciemment progresser une connaissance qui les aiderait dans la solution du vieux problème.

---

121. P. DUHEM, *Le mouvement absolu et le mouvement relatif*, p. 280.
122. P. DUHEM, *Le mouvement absolu et le mouvement relatif*, p. 178.

Pour cette raison, bien que le continuisme soit étranger aux solutions proposées pour la question du mouvement absolu, il serait incorrect, dans ce cas, d'identifier une discontinuité et une absence de progrès. Cette convergence dans la direction d'une solution métaphysique déterminée est garantie, de son côté, par l'évolution des physiques théorique et expérimentale. Le progrès structurel des théories conditionne l'acceptabilité par rapport aux entités existantes, de sorte que, par le biais du langage moderne, nous pouvons dire que structure et contenu théoriques ne peuvent être dissociés de manière rigoureuse dans la vision duhémienne.

Conclusion

Nous pensons que la distinction entre les réalismes structurel et d'entités devient un peu floue lorsqu'elle est appliquée à Duhem. Décrire le réalisme duhémien comme structurel entraine l'incapacité d'expliquer le statut ontologique conféré à l'espace absolu. D'un autre côté, *son réalisme ne peut être classifié comme un réalisme d'entités qu'en fonction du réalisme de théories*, car l'espace absolu ne peut pas être manipulé et ne possède pas non plus de « capacités causales » capables de produire des effets dans d'autres parties de la nature, comme Hacking ou Cartwright l'exigeaient pour la croyance en ses entités[123]. C'est la perfection de la théorie, même si elle est néanmoins comprise comme une *représentation*, qui conduit à la croyance dans l'existence réelle d'entités idéales. Comme si cela ne suffisait pas, en plus d'être non manipulable, l'espace absolu est une entité théorique à propos de laquelle même l'observation la plus précise ne pourra *jamais* décider de l'existence (c'est-à-dire, qu'il est impossible de *réduire* à des entités observationnelles)[124]. La croyance en son existence, motivée par le

123. I. Hacking (*Representing and intervening*, p. 275) est resté sceptique par rapport à l'existence d'entités théoriques telles que l'éther et les trous noirs.
124. P. DUHEM, *Le mouvement absolu et le mouvement relatif*, p. 6.

succès empirique, restera, par conséquent, toujours une croyance sujette à discussion, étant donné l'impossibilité qu'une découverte expérimentale vienne la confirmer. Si Duhem n'affirme pas d'emblée qu'il existe un espace absolu, cela ne doit pas écarter *a priori* la possibilité de son existence, puisqu'il existe de bonnes raisons de croire en lui. La même chose se produit à propos de la vérité des rapports théoriques : même la vérité de ceux-ci n'est pas affirmée de façon péremptoire. S'il n'existe pas de démonstration formelle de l'entité en question, la même chose peut être dite des hypothèses et des principes théoriques. En généralisant notre argumentation, nous pouvons dire que *la croyance en la vérité relative des théories apporte avec elle la croyance dans l'existence des entités postulées par elles*[125]. Par conséquent, restreindre le réalisme duhémien à la structure, au détriment des entités théoriques, signifie affaiblir son possible réalisme. Les considérations exposées plus haut expliquent notre option de ne le qualifier d'aucune des deux étiquettes.

125. Dans une critique envers Duhem, Psillos (*Scientific realism*, pp. 32-33) observa correctement que la loi newtonienne de la gravité universelle est utilisée par le Français comme un exemple légitime de représentation théorique, responsable de la condensation des lois des mouvements célestes. Or, continue le critique, l'équation qui exprime cette loi implique l'action d'une *force gravitationnelle* entre deux corps quelconques, laquelle, à son tour, est une entité théorique. Bien que nulle part dans ses ouvrages, Duhem n'affirme que le succès de la théorie newtonienne invite à la croyance dans l'existence de forces gravitationnelles, l'intuition de Psillos est indirectement corroborée, dans *Le mouvement absolu et le mouvement relatif*, avec le cas de l'espace absolu. Des pondérations comme celles-ci nous incitent à penser à nouveaux frais, lors d'une prochaine occasion, le concept duhémien d'explication, à partir du moment où *la vérité de la théorie entrainerait l'existence d'entités inobservables, typiques de théories explicatives. À la limite, la distinction entre explication et représentation s'effondrerait*.

Bibliographie

[1] AGASSI (Joseph), *Duhem versus Galileo,* in *The British journal for the philosophy of science,* vol. 8, 1957, n°31, pp. 237-248.

[2] BENSAUDE-VINCENT (Bernadette), *Atomism and positivism : a legend about French chemistry*, in *Annals of science*, vol. 56, 1999, n°1, pp. 81-94.

[3] ———, *Chemistry in the French tradition of philosophy of science : Duhem, Meyerson, Metzger and Bachelard,* in *Studies in history and philosophy of science*, vol. 36, 2005, n°4, pp. 627-649.

[4] CHAKRAVARTTY (Anjan), *Semirealism*, in *Studies in history and philosophy of science*, vol. 29, 1998, n°3, pp. 391-408.

[5] CHIAPPIN (José), *Duhem's theory of science : an interplay between philosophy and history of science* / submitted to the graduate Faculty of arts and sciences in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of philosophy. Chairperson : J. E. McQuire. – Pittsburgh : University of Pittsburgh, 1989. – VIII, 388 p.

[6] DARLING (Karen), *Motivational realism : the natural classification for Pierre Duhem*, in *Philosophy of science*, vol. 70, 2003, n°5, pp. 1125-1136.

[7] DION (Sonia), *Pierre Duhem and the inconsistency between instrumentalism and natural classification,* in *Studies in history and philosophy of science*, vol. 44, 2013, n°1, pp. 12-19.

[8] DUHEM (Pierre), *Commentaire aux principes de la thermodynamique*. – 3e partie : *Les équations générales de la thermodynamique*, in *Journal de mathématiques pures et appliquées,* 4e série, t. 10, 1894, n°2-3, pp. 207-285.

[9] ———, *Compte rendu d'Ernst Mach : « La mécanique : étude historique et critique de son développement » (1904),* in *Bulletin des sciences mathématiques,* t. 38 (2e série, t. 27), octobre 1903, 1re partie, pp. 261-283.

[10] ———, *De l'accélération produite par une force constante : notes pour servir à l'histoire de la dynamique,* dans *Rapports et comptes rendus du deuxième congrès international de philosophie tenu à Genève du 4 au 8 septembre 1904* / publiés par les soins du dr. Édouard Claparède. – Genève : Henry Kündig éditeur, 1905. – pp. 859-915.

[11] ———, *History of physics*, dans *Essays in the history and philosophy of science* / translated and edited, with introduction, by Roger Ariew and Peter

Barker. – Indianapolis ; Cambridge : Hackett Publishing Company, 1996. – pp. 163-221.

[12] ———, *Introduction à la mécanique chimique*. – Gand : Librairie générale de Ad. Hoste éditeur, 1893. – VII, 177 p.

[13] ———, *La théorie physique : son objet, sa structure* / avec un avant-propos, un index et une bibliographie de Paul BROUZENG. – Paris : Librairie philosophique J. Vrin, 1981. – XI, 524 p. – (L'histoire des sciences : Textes et études).

[14] ———, *La valeur de la théorie physique : à propos d'un livre récent*, in *Revue générale des sciences pures et appliquées*, t. 19, 15 janvier 1908, n°1, pp. 7-19.

[15] ———, *L'école anglaise et les théories physiques : à propos d'un livre récent de W. Thomson*, in *Revue des questions scientifiques*, 17e année, t. 34 (2e série, t. 4), octobre 1893, pp. 345-378.

[16] ———, *L'évolution de la mécanique*. – Paris : Maison d'éditions A. Joanin et Cie, 1903. – 348 p.

[17] ———, *L'évolution des théories physiques du XVIIe siècle jusqu'à nos jours*, in *Revue des questions scientifiques*, 20e année, t. 40 (2e série, t. 10), octobre 1896, pp. 463-499.

[18] ———, *Le mixte et la combinaison chimique : essai sur l'évolution d'une idée* / texte revu par Isabelle STENGERS. – [Paris] : Librairie Arthème Fayard 1985. – 187 p. – (Corpus des œuvres de philosophie en langue française).

[19] ———, *Le mouvement absolu et le mouvement relatif*. – Montligeon (Orne) : Imprimerie-librairie de Montligeon, 1909. – 284 p.

[20] ———, *Le système du monde : histoire des doctrines cosmologiques de Platon à Copernic* – Tome 1. – Paris : Librairie scientifique A. Hermann et fils, 1913. – 512 p.

[21] ———, *Les origines de la statique : les sources des théories physiques*. – Tome 1. – Paris : Librairie scientifique A. Hermann, 1905. – IV, 360 p.

[22] ———, *Les origines de la statique : les sources des théories physiques*. – Tome 2. – Paris : Librairie scientifique A. Hermann, 1906. – VIII, 364 p.

[23] ———, *Les théories de l'optique*, in *Revue des deux mondes*, t. 123 (4e période, 64e année), 1er mai 1894, n°1, pp. 94-125.

[24] ———, *Notice sur les titres et travaux scientifiques de Pierre Duhem*, in *Mémoires de la Société des sciences physiques et naturelles de Bordeaux*, 7e série, t. I, 1917, cahier n°1, pp. 41-169.

[25] ———, *Physique et métaphysique*, in *Revue des questions scientifiques*, 17e année, t. 34 (2e série, t. 4), juillet 1893, pp. 55-83.

[26] ———, *Quelques réflexions au sujet de la physique expérimentale*, in *Revue des questions scientifiques*, 18e année, t. 36 (2e série, t. 6), juillet 1894, pp. 179-229.

[27] ———, *Quelques réflexions au sujet des théories physiques*, in *Revue des questions scientifiques*, 16e année, t. 31 (2e série, t. 1), janvier 1892, pp. 139-177.

[28] ———, *Traité d'énergétique ou de thermodynamique générale*. – Tome 1 : *Conservation de l'énergie. Mécanique rationnelle. Statique générale. Déplacement de l'équilibre*. – Paris : Gauthier-Villars imprimeur-libraire, 1911. – 528 p.

[29] ———, *Σώζειν τὰ φαινόμενα : essai sur la notion de théorie physique de Platon à Galilée*. – Paris : Librairie scientifique A. Hermann et fils, 1908. – 144 p.

[30] FORTINO (Mirella), *Essere, apparire e interpretare : saggio sul pensiero di Duhem (1861-1916)*. – Milano : Franco Angeli, 2005. – 286 p. – (Epistemologia ; 87).

[31] FRENCH (Steven) – LADYMAN (James), *In defence of ontic structural realism*, dans *Scientific structuralism* / edited by Peter BOKULICH et Alisa BOKULICH. – Dordrecht : Springer, 2011. – pp. 25-42.

[32] GARDEIL (Ambroise), *La philosophie au Congrès de Bruxelles*, in *Revue thomiste*, 2e année, 1894, n°5, pp. 569-585.

[33] GIEDYMIN (Jerzy), *Antipositivism in contemporary philosophy and social science and humanities*, in *The British journal for the philosophy of science*, vol. 26, 1975, n°4, pp. 275-301.

[34] GODDU (André), *The realism that Duhem rejected in Copernicus*, dans *Pierre Duhem : historian and philosopher of science*. – Part 1 : *Duhem as*

historian of science / edited by Roger ARIEW and Peter BARKER, in *Synthese*, t. 83, 1990, n°2, pp. 301-315.

[35] GOWER (Barry), *Cassirer, Schlick and 'structural' realism : the philosophy of the exact sciences in the background to early logical empiricism*, in *British journal for the history of philosophy*, vol. 8, 2000, nº1, pp. 71-106.

[36] HACKING (Ian), *Representing and intervening : introductory topics in the philosophy of natural science*. – Cambridge : Cambridge University Press, 1983. – 287 p.

[37] JAKI (Stanley), *Introductory essay*, dans DUHEM (Pierre), *To save the phenomena : an essay on the idea of physical theory from Plato to Galileo* / translated from the French by Edmund DOLAND and Chaninah MASCHLER. – Chicago : The University of Chicago Press, 1985. – pp. IX-XXVI. – (Midway reprints).

[38] ———, *Uneasy genius : the life and work of Pierre Duhem*. – The Hague ; Boston ; Lancaster ; Dordrecht : Martinus Nijhoff Publishers, 1984. – XII, 472 p. – (Archives internationales d'histoire des idées = International archives of the history of ideas ; 100).

[39] ———, *Scientist and catholic : an essay on Pierre Duhem*. – Front Royal : Christendom Press, 1991. – 278 p.

[40] ———, *Introduction*, dans STOFFEL (Jean-François), *Pierre Duhem et ses doctorants : bibliographie de la littérature primaire et secondaire*. – Louvain-la-Neuve : Centre interfacultaire d'étude en histoire des sciences, 1996. – pp. 9-19. – (Réminisciences ; 1).

[41] LADYMAN (James), *What is structural realism?*, in *Studies in history and philosophy of science*, vol. 29, 1998, pp. 409-424.

[42] LAKATOS (Imre), *The methodology of scientific research programmes*, dans *Imre Lakatos : philosophical papers* / edited by John WORRALL and Gregory CURRIE. – Cambridge : Cambridge University Press, 1978. – pp. 8-101.

[43] LECHALAS (Georges), *M. Duhem et la théorie physique*, in *L'année philosophique*, 20e année, 1909, pp. 125-157.

[44] LEITE (Fábio), *A metodologia do senso comum : um estudo da metodologia científica de Pierre Duhem* / mestrado em Filosofia ; orientador : Osvaldo

FROTA-PESSOA Jr. – São Paulo : Universidade de São Paulo, Faculdade de filosofia, letras e ciências humanas ; Departamento de filosofia, 2006. – 271 p.

[45] ———, *Um estudo sobre a filosofia da história e sobre a historiografia da ciência de Pierre Duhem* / doutorado em Filosofia ; orientador : Osvaldo FROTA-PESSOA Jr. – São Paulo : Universidade de São Paulo ; Faculdade de filosofia, letras e ciências humanas ; Departamento de filosofia, 2012. – 448 p.

[46] ———, *A gênese e a persistência do historiador medieval – o caso de Pierre Duhem*, in *Revista brasileira de história da ciência*, vol. 8, 2015, nº2, pp. 26-43.

[47] ———, *Sobre las relaciones epistemológicas entre la física teórica y la metafísica en la obra de Pierre Duhem*, dans *Pierre Duhem : entre física y metafísica* / organizado por Víctor MÁRQUEZ. – Barcelona ; Ciudad Juárez : Anthropos Editorial ; Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, 2016. – pp. 89-124.

[48] LUGG (Andrew), *Pierre Duhem's conception of natural classification*, dans *Pierre Duhem : historian and philosopher of science*. – Part 2 : *Duhem as philosopher of science* / edited by Roger ARIEW and Peter BARKER, in *Synthese*, t. 83, 1990, n°3, pp. 409-420.

[49] MAIOCCHI (Roberto), *Chimica e filosofia : scienza, epistemologia, storia e religione nell'opera di Pierre Duhem*. – Firenze : La nuova Italia editrice, 1985. – XII, 445 p. – (Pubblicazioni della Facoltà di lettere e filosofia dell'Università di Milano ; 110. Sezione a cura del Dipartimento di filosofia ; 5).

[50] MANSION (Paul), *Note sur le caractère géométrique de l'ancienne astronomie*, in *Abhandlungen zur geschichte der mathematik*, band 9, 1899, pp. 275-292.

[51] MARTIN (Russell N. D.), *Pierre Duhem : philosophy and history in the work of a believing physicist*. – La Salle (Illinois) : Open Court Publishing Company, 1991. – XI, 274 p.

[52] MCMULLIN (Ernan), *Duhem's middle way*, dans *Pierre Duhem : historian and philosopher of science*. – Part 2 : *Duhem as philosopher of science* / edited by Roger ARIEW and Peter BARKER, in *Synthese*, t. 83, 1990, n°3, pp. 421-430.

[53] NEEDHAM (Paul), *Duhem's moderate realism*, dans *New perspectives on Pierre Duhem's « The aim and structure of physical theory »*, in *Metascience*, t. 20, 2011, n°1, pp. 7-12.

[54] NYS (Désiré), *N'y a-t-il dans l'univers que des mouvements relatifs ?*, in *Revue néo-scolastique de philosophie*, 24e année, 1922, n°94, pp. 170-194.

[55] PATY (Michel), *Mach et Duhem : l'épistémologie de « savants-philosophes »*, in *Manuscrito*, t. 9, 1986, n°1, pp. 11-49.

[56] PAUL (Harry), *The edge of contingency : French catholic reaction to scientific change from Darwin to Duhem*. – Gainesville : University Press of Florida, 1979. – 213 p.

[57] PICARD (Émile), *La vie et l'œuvre de Pierre Duhem, membre de l'Académie* / notice du Secrétaire perpétuel lue dans la séance publique annuelle du 12 décembre 1921 de l'Académie des sciences. – Paris : Gauthier-Villars imprimeur-libraire, 1921. – 44 p.

[58] PIERRE-DUHEM (Hélène), *Un savant français : Pierre Duhem* / préface de Maurice d'OCAGNE. – Paris : Librairie Plon, 1936. – XV, 240 p.

[59] POINCARÉ (Henri), *La science et l'hypothèse*. – Paris : La Bohème, 1992. – 286 p. – (Les sillons littéraires ; 7).

[60] PSILLOS (Stathis), *Scientific realism : how science tracks truth*. – London ; New York : Routledge, 1999. – XXV, 341 p. – (Philosophical issues in science).

[61] RAMONI (Marco), *Fisica e storia della scienza nell'opera di Pierre Duhem*, in *Epistemologia*, t. 12, 1989, n°1, pp. 33-63.

[62] REDONDI (Pietro), *Epistemologia e storia della scienza : le svolte teoriche da Duhem a Bachelard*. – Milano : Feltrinelli editore, 1978. – 255 p. – (Filosofia della scienza ; 18).

[63] STOFFEL (Jean-François), *L'« Histoire de la physique » de Pierre Duhem : contexte d'une publication singulière et historique de l'usage du terme « révolution »*, dans *Pierre Duhem, cent ans plus tard (1916-2016) : actes de la journée d'étude internationale tenue à Tunis le 10 mars 2016, suivis de l'édition française de l'« Histoire de la physique » (1911) de Pierre Duhem* / édités par Jean-François STOFFEL avec la collaboration de Souad BEN ALI. – Tunis : Université de Tunis, 2017. – pp. 271-300.

[64] ———, *Le phénoménalisme problématique de Pierre Duhem* / préface de Jean LADRIÈRE. – Bruxelles : Académie royale de Belgique, 2002. – 391 p. – (Mémoire de la Classe des lettres : collection in-8°, 3e série, tome 27).

[65] ———, *Préface*, à DUHEM (Pierre), *Salvare le apparenze : Saggio sulla nozione di teoria física da Platone a Galileo* / a cura di Mirella FORTINO ; prefazione di Jean-François STOFFEL. – Roma : Aracne editrice, 2016. — pp. 13-25. – (Duhemiana ; 2).

[66] VOTSIS (Ioannis), *The epistemological status of scientific theories : an investigation of the structural realist account* / thèse de doctorat. – London : London School of Economics and Political Science, 2004.

[67] WITZ (Aimé), *Le conflit sur la valeur des théories physiques*, in *Revue des questions scientifiques*, 39e année, t. 77 (3e série, t. 27), 20 janvier 1920, pp. 84-108.

[68] WORRALL (John), *Scientific realism and scientific change*, in *The philosophical quarterly*, t. 32, 1982, n°128, pp. 201-231.

[69] ———, *Structural realism : the best of both worlds?*, in *Dialectica*, vol. 43, 1989, pp. 99-124.

[70] ZAHAR (Elie), *Essai d'épistémologie réaliste* / avant-propos de Alain BOYER. – Paris : Librairie philosophique J. Vrin, 2000. – 190 p. – (Mathesis).

[71] ———, *Interpretation versus reduction : Duhem's and Poincaré's views about the structure of physical theory*, chap. 2, § 2 de E. ZAHAR, *Poincaré's philosophy : from conventionalism to phenomenology*. – Chicago ; La Salle (Ill.) : Open Court Publishing Company, 2001. – pp. 41-49.

La continuité de la physique à la métaphysique : un argument en faveur du néo-thomisme de Pierre Duhem ?[1]

Lucas ROUMENGOUS[2]
Université Aix-Marseille

Résumé. — La philosophie scientifique de Pierre Duhem a suscité de nombreuses tentatives de catégorisation. Sa conception des rapports entre la physique et la métaphysique, point central de son œuvre, a notamment posé une difficulté d'interprétation qui entretient le débat autour des influences qu'il a subi. Notre objectif sera d'éclaircir la continuité que nous entrevoyons entre le phénoménalisme duhémien et la notion de classification naturelle, c'est-à-dire de dévoiler une articulation entre la physique et la métaphysique qui puisse préserver la cohérence de l'œuvre duhémienne. La conséquence de cette analyse sera d'en tirer un argument pouvant s'intégrer dans le débat autour du néo-thomisme de Duhem et qui tend à le rapprocher de ce courant.

Abstract. — The scientific philosophy of Pierre Duhem has provoked numerous attempts at categorization. His ideas concerning the relationship between the physical and the metaphysical, the pivotal theme of his work, created much controversy when it came to interpretation, and this is at the root of the continuing debate surrounding the influences that he was subjected to. Our goal is thus to

1. Cet article constitue une version remaniée des deux derniers chapitres de notre mémoire, *L'articulation entre la physique et la métaphysique chez Pierre Duhem*, que l'on peut consulter sur le site internet Academia : https://www.academia.edu/27104125/LArticulation_entre_Physique_et_Métaphysique_chez_Pierre_Duhem
2. Courriel : lucas.roumengous@outlook.fr

ROUMENGOUS (Lucas), *La continuité de la physique à la métaphysique, un argument en faveur du néo-thomisme de Pierre Duhem ?*, dans *Pierre Duhem, cent ans plus tard (1916-2016) : actes de la journée d'étude internationale tenue à Tunis le 10 mars 2016, suivis de l'édition française de l'« Histoire de la physique » (1911) de Pierre Duhem* / édités par Jean-François STOFFEL avec la collaboration de Souad BEN ALI. – Tunis : Université de Tunis, 2017. – pp. 165-198.

clarify the continuity that we glimpse between Duhemian phenomenalism and the notion of natural classification, in other words, to reveal a link between the physical and the metaphysical which would serve to maintain the coherence of his work. Consequently, our analysis aims to formulate an argument which could be integrated into the debate surrounding Duhemian neo-Thomism, and one which seeks to bring it closer to this movement.

Introduction

On relève communément deux aspects distincts dans la philosophie de la physique chez Pierre Duhem. L'un que nous appellerons le phénoménalisme, suivant en cela l'ouvrage de Jean-François Stoffel intitulé *Le phénoménalisme problématique de Pierre Duhem*[3] ; l'autre que l'on s'accorde à reconnaître comme une forme de réalisme et qui prend son expression dans la doctrine de la classification naturelle.

La théorie physique, telle qu'elle est pensée par Duhem, vise, à travers les lois qui dirigent les phénomènes, à représenter ou symboliser ceux-ci. On pourrait dire — et cela renforce le terme — que le phénoménalisme est une doctrine qui borne la théorie physique à la description des phénomènes et de leurs lois : cette dernière ne prétend pas les expliquer, car elle n'en découvre pas les causes ultimes ou véritables. D'ailleurs, pour défendre sa position, Duhem attaque la vision adverse qu'il qualifie d'*explicative* et qui postule un réalisme méthodologique. En effet, une théorie qui voudrait être une explication des phénomènes chercherait, derrière les apparences sensibles, une réalité cachée. Or, la prétention d'atteindre une quelconque réalité matérielle ou d'en pouvoir indiquer la nature, tel est, selon Duhem[4], le ressort de la métaphysique ; la méthode expérimentale, quant à elle, n'y a aucun appui.

Le phénoménalisme duhémien confère l'autonomie à la méthode physique, puisqu'il refuse la subordination de la physique à la métaphysique. De ce fait, il écarte de la première les divisions qui règnent

3. J.-F. STOFFEL, *Le phénoménalisme problématique de Pierre Duhem*, pp. 23-27.
4. P. DUHEM, *La théorie physique*, pp. 8-10.

en la seconde, et le physicien peut alors faire progresser sa science dans un chemin plus sûr. Pourtant, Duhem développe également, dans son maître-ouvrage *La théorie physique*, l'idée qu'une théorie physique n'est pas simplement une économie intellectuelle des lois, mais qu'elle doit tendre vers une classification naturelle[5]. Cela signifie que les lois physiques se trouvent alors déployées en fonction de leur parenté et de leur domaine propre, selon un certain ordre qui est une image de plus en plus fidèle de la réalité, de l'ordre ontologique et naturel. La théorie physique n'est pas une explication de la réalité : tel est le phénoménalisme ; toutefois, elle nous laisse percevoir un certain reflet de la réalité qui se dévoile dans l'agencement qu'elle arbore : telle est la doctrine de la classification naturelle.

Dans cet article, nous allons nous intéresser particulièrement au rôle métaphysique qui incombe à la notion de classification naturelle. Pour ce faire, nous établirons une distinction entre la méthode physique, essentiellement positive, et la méthode métaphysique. On reconnaîtra alors le phénoménalisme comme expression de la méthode physique — laquelle est indispensable à tous les physiciens — et la doctrine de la classification naturelle comme résultant de la méthode métaphysique — car celle-ci se présente au physicien à travers une intuition qui transcende le cadre de la logique et de sa propre méthode[6]. On essaiera de montrer que ladite doctrine suppose une continuité de la physique à la métaphysique et qu'une telle appréhension de la science tend à rapprocher Pierre Duhem du néo-thomisme.

---

5. P. DUHEM, *La théorie physique*, pp. 34-39.
6. P. DUHEM, *La théorie physique*, p. 38.

I. La notion de classification naturelle dans la philosophie scientifique de Duhem

1. La continuité entre le phénoménalisme et la doctrine de la classification naturelle

Malgré ses aspects phénoménaliste et réaliste indissociables, nous ne voyons pas, dans la philosophie scientifique de Duhem, une doctrine incohérente, voire contradictoire. Certes, on pourrait se demander, suite à un examen superficiel, pourquoi Duhem est tour à tour hostile, puis favorable à la métaphysique[7]. Néanmoins, il faut se rendre compte que le phénoménalisme duhémien n'est en rien anti-métaphysique, au contraire d'un positivisme étroit et trop commun, en sorte qu'il correspond plutôt à un positivisme intelligent et mesuré, qui discerne son domaine de compétence — la physique — et s'y cantonne fidèlement. Par ailleurs, une telle position ne suffirait pas à définir la conception de la science chez Duhem : si le phénoménalisme daigne accorder une place libre et légitime à la métaphysique, c'est pour qu'aussitôt Duhem y installe et développe un autre aspect de sa pensée. M. Alain Boutot a reconnu la part de métaphysique qui gît dans l'œuvre de notre auteur lorsqu'il explique que, selon Duhem, le physicien « donne implicitement à sa théorie une dimension ontologique ou encore métaphysique »[8], et ce dans la prise en compte de la tendance à la classification naturelle. Il nous faut rappeler que Duhem exprime — on ne peut plus clairement — que la doctrine de la classification naturelle est de nature métaphysique :

> « Quelle est-elle, cette proposition métaphysique que le physicien affirmera, en dépit de la réserve imposée à la méthode dont

7. Ce qui est d'après lui le cheminement caractéristique du physicien. Cf. P. DUHEM, *La valeur de la théorie physique*, p. 19.
8. A. BOUTOT, *Physique et métaphysique chez Pierre Duhem*, p. 245.

> il a coutume d'user, et comme par force ? […] la théorie physique s'achemine graduellement vers sa forme limite qui est celle d'une *classification naturelle* »[9].

La conception que Duhem se fait de la science n'est donc pas seulement positive. Toutefois, ses idées métaphysiques ne viennent pas contredire ce qu'il a énoncé touchant son phénoménalisme, tant qu'elles demeurent en leur domaine circonscrit. N'y a-t-il pas une contradiction, en revanche, si l'on soutient l'unité de la philosophie scientifique de Duhem en affirmant que le phénoménalisme proprement dit conduit naturellement à la conception métaphysique qu'il se fait de la théorie physique, en l'occurrence la classification naturelle ? Dans ce cas, en effet, ce que notre savant dit de son phénoménalisme — à savoir qu'il se doit d'être pleinement positif et ne surtout pas avoir pour conséquence un système ou une conception métaphysique[10] — se trouve immédiatement contredit par la suite de son propos.

Pour notre part, nous croyons que la classification naturelle dépend étroitement du phénoménalisme et se révèle être son prolongement. Toutefois, la continuité que nous apercevons est cependant risquée, car il ne faudrait surtout pas confondre les domaines physique et métaphysique. Quelle est donc l'exacte articulation qui s'impose entre ces deux domaines ? Nous pensons que le phénoménalisme, en tant que philosophie scientifique positive inspirant la physique, n'a vraiment aucune conséquence métaphysique, du moins si on le considère uniquement du point de vue interne à son domaine d'application, à savoir la physique. Cependant, pour celui qui adopte un point de vue externe, à savoir une optique métaphysique, le phénoménalisme apparaît élargi et certaines conséquences métaphysiques, plutôt que d'autres, s'en déduiront. Ces conséquences, le physicien — s'il veut n'être que physicien — pourra ne pas s'en soucier ; en revanche, s'il veut en contester le bien-fondé, alors il devra s'avancer sur le terrain de la métaphysique.

---

9. P. DUHEM, *Physique de croyant (2)*, pp. 140-141.
10. P. DUHEM, *Physique de croyant (1)*, pp. 52-56.

A priori, le phénoménalisme duhémien n'oblige pas le métaphysicien à admettre la classification naturelle : selon Duhem, il n'existe pas de nécessité logique pour appuyer cette continuité. En revanche, le sens commun et l'étude historique des théories physiques étayent une telle doctrine, qui seule permet de justifier l'aspiration à l'unité de la physique et contribue à légitimer la valeur de cette science[11]. Se poser la question de la continuité de la physique à la métaphysique, c'est déjà admettre une vision métaphysique. Le positiviste borné ne se posera jamais pareille question : pour lui, il ne peut y avoir de classification naturelle ni de continuité, il n'y a que la physique et il est en son droit d'interpréter ainsi le phénoménalisme. Mais le physicien soucieux du sens profond de sa science, conduit par le sens commun et l'histoire de la physique, aura déjà acquis l'esprit du métaphysicien en se posant la question de la légitimité de sa méthode : en ayant ce recul sur sa propre science, il aborde déjà la théorie physique sous un autre angle. S'il perçoit la continuité entre le phénoménalisme et la classification naturelle, il est alors entré dans le domaine de la métaphysique et porte un jugement de cette nature. Et un tel jugement n'altère en rien l'autonomie de la méthode positive.

Ainsi, l'approfondissement de la connaissance scientifique est semblable à une course, où le physicien, ayant le premier rôle, se trouve aussitôt relayé par le métaphysicien, qui prend à son tour le flambeau afin d'aller plus en avant. Le savant qui procède de cette manière modifie les règles en changeant de terrain et de fonction : il y a tout à la fois rupture, en ce qu'il passe de la méthode physique à la méthode métaphysique, et continuité, selon qu'il agit en un même mouvement puisque le métaphysicien tient compte des acquis du physicien. La conception de la classification naturelle propre à Duhem n'est pas, à vrai dire, assurée par le phénoménalisme strict, mais par l'interprétation métaphysique que celui-ci en fait : celle-ci est dans la pleine continuité de sa réflexion de physicien sans porter nul contrecoup à la méthode

---

11. P. DUHEM, *La valeur de la théorie physique*, p. 18.

physique. Pour autant, la possibilité d'une critique de son interprétation demeure.

À l'appui de notre propos, nous pouvons arguer de la structure argumentative même de l'article *Physique de croyant*. Chose remarquable, cet article, qui est divisé en deux parties, défend dans la première le phénoménalisme proprement dit de Duhem, c'est-à-dire une philosophie scientifique strictement positive, et argumente, dans la seconde, en faveur d'une métaphysique de la science :

> « Mais de ce que la saine logique ne confère à la théorie physique aucun pouvoir pour confirmer ou pour infirmer une proposition métaphysique, en résulte-t-il que le métaphysicien soit en droit de faire fi des théories de la Physique ? […] Nous ne le croyons pas ; nous allons essayer de montrer qu'il y a un *lien* entre la *théorie physique* et la *philosophie de la nature* ; nous allons tenter de préciser en quoi consiste ce lien »[12].

Duhem lui-même n'éprouve aucun problème à reconnaître une dimension métaphysique au sein de son œuvre. Cependant, il n'accepte pas que l'on confonde ce qu'il a dit de la méthode positive et de la méthode métaphysique. De ce fait, la partition qu'il opère dans son article *Physique de croyant* est hautement révélatrice de la distinction parfaitement claire qu'il concevait entre méthode physique et méthode métaphysique. S'il *croit* que le métaphysicien doit tenir compte de l'entreprise du physicien, cette opinion n'influence en aucun cas sa conception positive de la physique et ne fait donc pas, de sa physique, une physique de croyant. Afin de bien dissiper la fatale confusion qui fut faite, notamment par Abel Rey, Duhem entreprend d'expliciter dans le détail ses vues métaphysiques — ce qu'il n'avait pas fait jusqu'alors, malgré la nécessité.

12. P. DUHEM, *Physique de croyant (2)*, p. 133. Nous soulignons.

2. Le providentialisme duhémien

Si l'on accepte de se confronter à Duhem sur le terrain de la métaphysique, celui-ci dispose de robustes arguments pour nous convaincre de sa doctrine de la classification naturelle. Le physicien préoccupé par le progrès de la physique et dont le désir d'unité est enraciné en son esprit se laissera aisément séduire par une telle doctrine, car elle seule se montre capable de sauver la valeur de la théorie physique :

> « En un mot, le physicien est forcé de reconnaître qu'*il serait déraisonnable de travailler au progrès de la théorie physique si cette théorie n'était le reflet, de plus en plus net et de plus en plus précis, d'une Métaphysique ; la croyance en un ordre transcendant à la Physique est la seule raison d'être de la théorie physique* »[13].

Or, admettre la classification naturelle, admettre ce réalisme de la théorie physique qui n'a cours qu'en métaphysique, cela impose, du même coup, le continuisme historique propre à Duhem, comme le remarquait justement M. Boutot :

> « Cette thèse [la tendance à la classification naturelle] est à l'origine de ce qu'on appelle le continuisme historique de Duhem. La science avance sans ruptures radicales. Elle ne connaît pas de révolutions, mais simplement des évolutions, avec, quelquefois, des retours en arrière, mais qui ne sont que le prélude à de nouvelles avancées »[14].

En effet, la théorie physique ne peut se développer et devenir l'image de plus en plus fidèle de la réalité que dans la mesure où elle préserve, lors de son évolution, les acquis des états passés. Il ne s'agit pas d'améliorations radicales, mais plutôt d'un constant perfectionnement. Si l'histoire n'était traversée que par des changements brusques et imprévisibles, et non par une continuité durable, cette conception ne pourrait trouver d'appui ni un quelconque fondement.

---

13. P. DUHEM, *La valeur de la théorie physique*, p. 18.
14. A. BOUTOT, *Physique et métaphysique chez Pierre Duhem*, p. 245.

Bien que cette continuité historique soit amplement étayée par les travaux de Duhem en histoire des sciences, il est difficile de rendre raison de son existence. La classification naturelle n'éclaircit pas plus les raisons du continuisme que celui-ci ne dévoile les causes de celle-là. Qu'est-ce qui, au sein de la théorie physique, pourrait expliquer la continuité historique qui se manifeste lors de son développement ? Malgré les diverses conceptions de la théorie physique — soit le disparate qu'inclut le réalisme méthodologique et scientifique, soit le phénoménalisme —, aucune ne saurait rendre compte du progrès de la physique en une direction précise et vers une unité toujours plus compréhensive, plus complète. Pour le réalisme, il est évident que des tendances métaphysiques successives et contradictoires ne peuvent parvenir à l'union d'un but commun[15]. Pour le phénoménalisme, la trop grande liberté concédée au physicien entrave toute démarche constructive, ce pourquoi la perspective phénoménaliste a besoin d'un sérieux recours à l'histoire des théories physiques pour la formulation des hypothèses et le futur développement de la théorie. Or, de cette manière, on s'enferre dans un cercle vicieux : le seul moyen de former une théorie physique en tant que classification naturelle, c'est qu'il existe préalablement à toute tentative cette tendance à la classification naturelle. En effet, l'histoire des théories passées ne sert que dans la mesure où ces dernières sont révélatrices d'une telle tendance. Le problème, nous dirait Duhem, est que l'on cherche à s'assurer de l'immanence du progrès scientifique. La classification naturelle, ni la science ni l'histoire, ne peuvent trouver en elles-mêmes leur principe d'être. Il faut, selon Duhem, admettre un ordre transcendant à la physique et à l'histoire de la physique, un ordre qui serait providentiel[16]. La classification naturelle et le continuisme historique ne sont possibles que parce qu'il y a

---

15. À ce sujet, le passage sur la querelle des causes occultes est significatif. Cf. P. DUHEM, La théorie physique, pp. 16-20.
16. Nous ne connaissons que trois occurrences où Duhem exprime l'idée de Providence : P. DUHEM, *L'évolution des théories physique du XVIIe siècle jusqu'à nos jours*, p. 234 ; P. DUHEM, *L'évolution de la mécanique*, pp. 345-346 ; P. DUHEM, *Les origines de la statique*, tome 2, p. 290.

une Providence qui veille à leur bon déroulement. Que Duhem parvienne à une telle conception de la science, sinon par la pure logique, du moins par des voies raisonnables et naturelles, est l'indice de son apologétique métaphysique, complémentaire des autres formes d'apologétique.

Le providentialisme qui couronne le phénoménalisme duhémien élargi[17] apparaît naturellement comme le couronnement de l'apologétique duhémienne qui se manifeste aussi bien dans le phénoménalisme strict que dans l'histoire des sciences. Il ne s'agit pas, à proprement parler, d'apologétique scientifique, au sens où ce sont les résultats des théories qui servent d'argument. Néanmoins, ce providentialisme s'appuie sur une conception spécifique de la théorie physique ; et il paraît d'autant plus convaincant que le phénoménalisme ne satisfait pas à toutes les exigences du savant, entraînant de ce fait comme un appel d'air en faveur de la classification naturelle. Une fois qu'on a été entraîné, il semble qu'on aboutisse, sauf résistance, à la preuve invisible, mais reconnaissable d'un Dieu à l'œuvre pour façonner, en particulier, la science humaine.

En dépit du caractère constructif d'une telle apologétique, celle-ci n'est en rien agressive, ni même offensive : elle n'est tout simplement pas mise en valeur, ce qui peut paraître contradictoire. Les remarques éparses de Duhem qui mentionnent l'idée de Providence sont si peu nombreuses et se présentent avec apparemment tant de pudeur qu'elles semblent révéler la pensée intime de Duhem, sans qu'il ait cherché à convaincre qui que ce soit. Il est même vraisemblable que celui-ci n'ait

17. Nous comprenons par ce terme de phénoménalisme élargi la philosophie duhémienne de la physique au sens large. Selon nous, en effet, la notion de classification naturelle, qui représente l'aspect métaphysique de la philosophie duhémienne, est le prolongement indissociable du phénoménalisme strict et purement positif.

pas médité le caractère apologétique de la classification naturelle, puisqu'il estimait qu'un incroyant pouvait bien l'admettre[18].

II. De la philosophie scientifique à la cosmologie

1. L'influence du phénoménalisme sur la cosmologie

Arrivé à ce stade, nous pensons avoir présenté suffisamment de preuves qui indiquent l'existence d'une doctrine métaphysique chez Duhem. On pourrait, en un certain sens, prétendre que son idée de classification naturelle est révélatrice d'une métaphysique de la science. Il faudrait alors préciser qu'il s'agit d'une métaphysique portant sur la nature de la théorie physique et non sur la nature des objets que ladite théorie étudie. Duhem ne s'est pas essayé à pénétrer les notions de matière, de force, de temps, etc. En revanche, il a tenté d'approfondir jusqu'au bout la notion même de théorie physique et par là il a fait œuvre de métaphysicien.

Ce qu'on entend plus communément par « métaphysique des sciences » n'est autre que la philosophie de la nature : c'est-à-dire l'étude métaphysique des phénomènes et lois physiques dans le but de sonder la réalité que nous cache la nature et d'interpréter diverses questions que laissent de côté les purs physiciens. Or, Duhem croit pouvoir avancer qu'il existe « un lien entre la théorie physique et la philosophie de la nature »[19] et soutient ainsi la possibilité d'une métaphysique de la science qu'il nomme cosmologie. Bien que Duhem ne soit pas devenu un véritable cosmologiste, l'importance de sa contribution réside dans la définition qu'il donne de la discipline et dans la légitimité qu'il lui accorde. Nous allons voir que la doctrine de la classification naturelle

18. P. DUHEM, *Physique de croyant (2)*, p. 159. À vrai dire, ce que dit Duhem, c'est qu'un incroyant peut admettre la cosmologie d'Aristote. De ce fait, puisque la classification naturelle est un préalable nécessaire à la cosmologie (et nous allons y venir), cet incroyant peut, *a fortiori*, souscrire à celle-ci.
19. P. DUHEM, *Physique de croyant (2)*, p. 133.

conditionne et se prolonge en une idée précise de ce que doit être la cosmologie.

Tout d'abord, Duhem rappelle le contexte. Si la métaphysique ne peut se servir des théories physiques, la faute en revient au formalisme symbolique et abstrait de celles-ci, lequel n'a pas de portée objective. Il n'en est pas de même des faits d'expériences et des lois expérimentales, qui doivent s'appliquer à la cosmologie[20]. Mais, lorsqu'il s'agit d'expériences de physique et de lois scientifiques, lesquelles sont entachées de formalisme et n'ont pas pour source exclusive le sens commun, l'accord n'est pas évident à constater :

> « En effet la proposition qui formule ce fait ou cette loi est, en général un mélange intime de constatation expérimentale, douée d'une portée objective, et d'interprétation théorique, simple symbole dénué de tout sens objectif. Il faudra que le métaphysicien dissocie ce mélange, afin d'obtenir, aussi pur que possible, le premier des deux éléments qui le composent ; en celui-là, en effet, et en celui-là seul, son système peut trouver une confirmation ou se heurter à une contradiction »[21].

Ainsi, le métaphysicien doit tenir compte du phénoménalisme et ne pas méconnaître la portée des théories physiques, sans quoi il risque de se tromper dans son analyse en prenant pour vrai ce qui ne l'est en aucune manière. La cosmologie, à l'instar de la physique, requiert avant toute chose de ne point confondre les méthodes physique et métaphysique : sa légitimité n'est garantie que par cette juste distinction. Puisqu'en physique, théorie et expérience sont intimement mêlées, le métaphysicien devra avoir une bonne maîtrise des diverses théories de la physique et de leur commune méthode afin d'en reconnaître les caractères[22] ; il faudra, de surcroît, qu'il possède l'esprit de finesse, écrit

---

20. P. DUHEM, *Physique de croyant (2)*, p. 134.
21. P. DUHEM, *Physique de croyant (2)*, p. 134.
22. Le physicien peut faire œuvre de physicien quand bien même il n'aurait qu'une vague idée de sa méthode. Le réaliste, comme Descartes, apportera tout de même, par son travail positif mêlé aux vaines tentatives d'explication, une œuvre durable qui servira la postérité. En revanche, si le cosmologiste confond, dès le

Duhem, car « lui seul peut deviner que ceci est construction artificielle, créée de toutes pièces par la théorie et sans usage pour le métaphysicien, tandis que cela, riche de vérité objective, est propre à renseigner le cosmologiste »[23]. Cet esprit de finesse, bien sûr, est tributaire de la pratique de la physique, sans laquelle il ne pourrait être acquis, et demande un sérieux investissement.

En plus de prévenir les errements du cosmologiste, le phénoménalisme élargi contribue plus positivement à fournir des règles constitutives et à donner une direction particulière à la cosmologie. Si le métaphysicien, avant de se faire pur cosmologiste, s'intéresse à la théorie physique en elle-même, alors il sera conduit à dépasser le phénoménalisme strict et à lui ajouter une vision complémentaire — dans le but de légitimer la méthode physique en usage. Comme l'écrit Duhem :

> « Aucune méthode scientifique ne porte en soi-même sa pleine et entière justification ; elle ne saurait, par ses seuls principes, rendre compte de tous ces principes [ceux de la physique] »[24].

C'est donc à la métaphysique qu'il faut avoir recours pour justifier pleinement la physique et le phénoménalisme duhémien : une telle démarche, selon notre auteur, doit nous contraindre alors à la doctrine de la classification naturelle.

2. L'apport de la doctrine de la classification naturelle à la cosmologie

Nous ne reviendrons pas sur les démarches qui font parvenir le physicien à la doctrine de la classification naturelle. Pour résumer, Duhem écrit :

> « Ainsi, le physicien affirme que l'*ordre* dans lequel il range les symboles mathématiques pour constituer la théorie physique est

départ, la théorie physique et son domaine, le système qu'il prétend élever sera gâté à la racine.

23. P. DUHEM, *Physique de croyant (2)*, p. 135.
24. P. DUHEM, *Physique de croyant (2)*, p. 136.

> un reflet, de plus en plus net, d'un *ordre* ontologique suivant lequel se classent les choses inanimées »[25].

Par cette affirmation, Duhem atteste visiblement que le physicien « a excédé les limites du domaine où sa méthode peut légitimement s'exercer »[26], ce qui veut dire qu'il s'est engagé dans une voie nouvelle requérant une compétence distincte. Désormais, une autre facette de la science affleure en son esprit :

> « Préciser la nature de cet *ordre*, c'est définir la Cosmologie ; le dérouler à nos yeux, c'est exposer un système cosmologique ; essentiellement, dans les deux cas, c'est faire œuvre non plus de physicien, mais de métaphysicien »[27].

De ce fait, la classification naturelle apparaît comme le premier pas, indispensable, en vue de la cosmologie. Chez Duhem, la métaphysique des méthodes propres à la science précède la métaphysique des objets de la science.

Selon le phénoménalisme strict, il semblait que le cosmologiste ne devait tenir compte de la théorie physique que dans un seul but : correctement discerner, d'une part, ce qui appartient à l'expérience, à l'observation, au sens commun, ce qui est objectif et intéresse positivement la cosmologie ; de l'autre, ce qui provient proprement de la théorie, qui est symbolique et dénué de sens véritable, ce que doit délaisser le cosmologiste sous peine de corrompre son système. Néanmoins, Duhem ajoute :

> « Cette conclusion serait certainement exacte si la théorie physique n'était qu'un système de symboles arbitrairement créés afin de ranger nos connaissances suivant un *ordre* tout artificiel ; si la classification qu'elle établit entre les lois expérimentales n'avait rien de commun avec les affinités qui unissent entre elles les réalités du monde inanimé »[28].

---

25. P. DUHEM, *Physique de croyant (2)*, p. 143. Nous soulignons.
26. P. DUHEM, *Physique de croyant (2)*, pp. 143-144.
27. P. DUHEM, *Physique de croyant (2)*, p. 144. Nous soulignons.
28. P. DUHEM, *Physique de croyant (2)*, p. 146. Nous soulignons.

Puisque le métaphysicien déborde le physicien, que la doctrine de la classification naturelle s'élève au-dessus du pur phénoménalisme (tout en restant, précisons-le, dans sa continuité), le cosmologiste ne peut plus considérer la théorie physique comme un simple système arbitraire. Dans l'ordre et l'agencement que propose la théorie physique, il y a quelque chose d'objectif, mais qui, comme toujours, ne se dévoile pas aisément.

La théorie physique, lorsqu'elle est perçue comme classification naturelle, influence directement la conception du cosmologiste, de la cosmologie. Bien sûr, il faut prendre garde que toute théorie n'atteint pas un tel degré de classification. En outre, le terme « naturel » que Duhem emploie n'est, la plupart du temps, qu'assez relatif vis-à-vis de celui d'« artificiel » et ne signifie pas l'absence totale d'artificiel de la classification. Duhem conçoit une limite idéale à ce développement de la classification naturelle ; dans cet extrême inaccessible, la classification serait *entièrement* naturelle :

> « Entre cette classification naturelle, que serait la théorie physique parvenue à son plus haut degré de perfection, et l'ordre dans lequel une Cosmologie achevée rangerait les réalités du monde de la matière, il y aurait une très *exacte correspondance* ; partant, plus la théorie physique, d'une part, et le système de la Cosmologie, d'autre part, s'approchent respectivement de leur forme parfaite, plus claire et plus détaillée doit être l'*analogie* de ces deux doctrines »[29].

Si, comme l'écrit notre auteur, la classification naturelle tend à devenir une cosmologie, alors il n'est pas interdit au cosmologiste de repérer, dans le développement des théories physiques, les éléments dont la tendance est à la préservation et à l'immuabilité, les éléments qui possèdent un sens proprement réel et métaphysique. Toutefois, une réserve immédiate doit se manifester en même temps qu'est introduite la notion d'*analogie*. En effet, le cosmologiste n'ayant à sa disposition

29. P. DUHEM, *Physique de croyant (2),* p. 146. Nous soulignons.

nulle théorie idéale et parfaite, il n'est pas en ses moyens d'assurer démonstrativement le passage de la théorie physique à son système cosmologique : il ne peut se servir que d'une analogie plus ou moins justifiée entre théorie physique imparfaite et métaphysique assortie.

III. Le rôle de l'analogie en cosmologie

1. L'importance de l'esprit de finesse et de l'histoire de la physique

La notion d'analogie apparaît comme l'élément central dans la relation qu'entretiennent physique et métaphysique. Plus spécifiquement, celle-ci vient établir un pont entre la théorie physique et la cosmologie. Le phénoménalisme duhémien impose qu'entre deux propositions, l'une physique et l'autre métaphysique, il ne peut y avoir ni accord ni contradiction :

> « il se peut cependant », écrit Duhem, « qu'il y ait *analogie* ; et c'est une telle analogie qui doit relier la Cosmologie et la Physique théorique »[30].

Sans se prononcer définitivement sur le lien entre physique et métaphysique et sans confondre ces deux domaines, le cosmologiste est en droit, par le truchement de l'analogie, de s'inspirer de la théorie physique et d'en tirer de fortes présomptions quant au système qu'il souhaite élaborer :

> « C'est grâce à cette analogie que les systèmes de la Physique théorique peuvent venir en aide aux progrès de la Cosmologie ; cette analogie peut suggérer au philosophe tout un ensemble d'interprétations ; sa présence, nette et saisissante, peut accroître sa confiance en une certaine doctrine cosmologique ; son absence, le mettre en défiance contre une autre doctrine »[31].

30. P. DUHEM, *Physique de croyant (2)*, p. 146.
31. P. DUHEM, *Physique de croyant (2)*, pp. 146-147.

Néanmoins, le cosmologiste doit garder à l'esprit que les procédés de l'analogie dont il use ne sauraient être pleinement rigoureux. Si Duhem parle de « preuve par analogie », il précise aussitôt qu'il ne faudrait pas « confondre une telle preuve avec une véritable démonstration logique »[32]. On pourrait ajouter que le langage qui sert à la cosmologie n'a rien de mathématique contrairement à celui de la physique théorique ; de ce fait, l'analogie entre deux termes aussi distincts ne pourra jamais s'imposer de manière aussi nette que pour le cas de l'analogie au sein de la théorie physique :

> « Là où un penseur voit une analogie, un autre […] peut fort bien voir une opposition »[33].

En effet, ce n'est plus deux symboles entièrement définis qui subissent la comparaison, mais deux ensembles de principes généraux : l'un tiré de la théorie physique et qui ne s'impose pas comme objectif ; l'autre provenant d'une cosmologie et possiblement de sa partie la plus profonde et la moins apparente — ce qui est du moins le cas pour l'analogie que propose Duhem par la suite.

Il ne faudrait pas croire, cependant, que Duhem rattache l'analogie à une vue subjective. Pour lui, toutes les cosmologies ne se valent pas. En réalité, Duhem fait découler l'aperception de l'analogie de « pressentiments inanalysables que sugg[ère] l'esprit de finesse »[34]. Or, bien que l'esprit de finesse ne soit pas égal en tous, les intuitions qu'il révèle sont très certaines, quoique confuses et inaperçues pour beaucoup. Parfois, nous dit Duhem[35], il se peut qu'une analogie soit si frappante que personne ne puisse la méconnaître. Notre auteur aurait sûrement ajouté

---

32. P. DUHEM, *Physique de croyant (2),* p. 147.
33. P. DUHEM, *Physique de croyant (2),* p. 147.
34. P. DUHEM, *Physique de croyant (2),* p. 148. Un passage similaire se trouve en un autre ouvrage : P. DUHEM, *Le mixte et la combinaison chimique*, p. 80.
35. P. DUHEM, *Le mixte et la combinaison chimique,* pp. 80-81. Il est vrai que Duhem parle ici de l'analogie en chimie et non en cosmologie ; cependant, le principe ne saurait pâtir de cette variante.

qu'à l'instar du bon sens en physique[36], ces raisons qui ne viennent pas de la pure logique finissent un jour par se déclarer si clairement en faveur de la présence ou non d'une analogie qu'un consensus peut enfin s'établir.

Précédemment, Duhem avait déjà assigné comme tâche à l'esprit de finesse de correctement faire la part entre l'expérience et la théorie afin de ne point égarer l'entreprise du cosmologiste[37]. L'esprit de finesse, désormais, doit s'attacher, au sein même de la théorie, à distinguer le naturel de l'artificiel, car c'est indispensable pour user légitimement de l'analogie. En effet, c'est de l'analogie avec ce qui demeure objectif en la théorie physique dont la cosmologie a besoin :

> « Il doit y avoir analogie, avons-nous dit, entre l'explication métaphysique du monde inanimé et la théorie physique parfaite, parvenue à l'état de classification naturelle. Mais cette théorie parfaite, nous ne la possédons pas, […] Ce n'est donc point la théorie physique actuelle qu'il faudrait comparer à la Cosmologie pour mettre en évidence l'analogie des deux doctrines, mais la théorie physique idéale »[38].

Nous pensons que ce que veut dire Duhem, c'est qu'il y a une analogie parfaite entre la cosmologie et la théorie physique idéale — laquelle est une classification naturelle complète — et ce, de telle façon que l'on pourrait transposer tout le cadre de cette théorie, qui ne contiendrait absolument plus rien d'artificiel, pour obtenir le parfait système cosmologique[39]. Or, puisque la théorie actuelle n'est pas idéale,

---

36. P. DUHEM, *La théorie physique*, p. 358.
37. P. DUHEM, *Physique de croyant (2)*, pp. 135-136.
38. P. DUHEM, *Physique de croyant (2)*, p. 147. Il nous semble relever une contradiction entre cette citation, où Duhem présente une *simple analogie* entre la cosmologie et la théorie physique ayant tous deux atteints la perfection, et la citation précédente (au sein de ce paragraphe), où il s'agit d'une *exacte correspondance*. Selon ce que nous avons compris de sa doctrine, la théorie physique vue comme une classification naturelle tend *idéalement* à s'identifier avec une cosmologie parfaite.
39. Cela se ferait à la manière d'une théorie physique complètement déduite de l'analogie avec une précédente théorie, comme la théorie d'Ohm par rapport

une pleine analogie entre la physique et la cosmologie n'est pas praticable ; en revanche, entre ce qui, dans la théorie actuelle, constitue les prémices de la théorie idéale et une certaine cosmologie, une analogie véritable, quoiqu'incomplète, demeure possible. Et c'est à l'esprit de finesse qu'il revient de sonder la théorie physique pour deviner de telles prémices, afin d'établir la bonne comparaison.

Ceci explique pourquoi Duhem réclame une extrême prudence de la part du cosmologiste, qui doit prêter une attention particulière à l'analogie dont il se sert, afin qu'elle n'associe pas son système « à quelque échafaudage théorique provisoire et caduque »[40], mais « à une partie inébranlable et définitive de la Physique »[41]. Pour aiguiser son indispensable esprit de finesse, le philosophe devra se faire physicien[42].

Pourtant, il semble que ces précautions ne suffiraient pas à rendre les tentatives du cosmologiste crédibles aux yeux de notre auteur, s'il n'existait un ultime recours : celui de l'histoire de la physique. En effet, le cosmologiste ne doit pas seulement connaître les théories physiques actuelles, mais encore celles du passé ; il lui est impératif de percer jusqu'au cœur des mécanismes qui portent l'évolution des théories physiques :

> « Il ne s'agit donc pas, pour le philosophe, de comparer à sa Cosmologie la Physique telle qu'elle est, en figeant en quelque sorte la Science à un instant précis de son évolution, mais d'apprécier la tendance de la théorie, de deviner le but vers lequel elle se dirige. Or, rien ne le peut sûrement guider en cette divination de la route que suivra la Physique, si ce n'est la connaissance du chemin qu'elle a déjà parcouru »[43].

---

avec celle de Fourrier, c'est-à-dire la conduction de l'électricité basée sur la conduction de la chaleur.

40. P. DUHEM, *Physique de croyant (2),* p. 148.
41. P. DUHEM, *Physique de croyant (2),* p. 148.
42. P. DUHEM, *Physique de croyant (2),* p. 136.
43. P. DUHEM, *Physique de croyant (2),* p. 149.

Si l'histoire de la physique soutient la doctrine de la classification naturelle, c'est précisément en ce qu'elle nous dévoile la tendance générale, les grandes lignes qui inspirent la théorie physique à rejoindre la métaphysique. Ces traits insensibles à l'édacité du temps, qui persistent dans la force du progrès et du changement, le cosmologiste peut les prendre pour les caractères infrangibles de la théorie physique sur lesquels fonder son analogie. Il n'en reste pas moins que la tentative du philosophe découle essentiellement d'une « divination infiniment délicate et aléatoire »[44] et qu'il ne peut prétendre parvenir à une démonstration qui s'imposerait de manière absolument certaine à tous.

Duhem donne un exemple du rôle capital de l'histoire de la physique dans la juste compréhension de la théorie. Selon lui, si l'on devait méconnaître l'évolution des théories physiques et ne s'attacher qu'à la pure actualité, alors on prendrait sûrement, comme base de l'analogie, les théories physiques mécanistes et atomistiques qui, déjà à son époque, possédaient une faveur quasi universelle. En ce cas, on se tromperait en assurant qu'elles constituent « en une première ébauche, la forme idéale à laquelle la Physique ressemblera chaque jour davantage »[45]. L'analogie qui s'ensuivrait nous prédisposerait sans conteste à la « cosmologie des atomistes ».

Au contraire, en étudiant scrupuleusement l'histoire des doctrines physiques passées, Duhem nous dit que l'on se défait de tels préjugés. On se rend alors compte de la permanence des doctrines atomistiques, qui subsistent « depuis les temps les plus reculés », mais on prend surtout conscience de leur inefficacité, car les vaines prétentions dont elles ornent les théories se heurtent constamment à l'échec. Seulement derrière cette écorce vouée au dessèchement, Duhem perçoit la théorie représentative, qu'il nomme aussi abstraite, laquelle est véritablement vivifiée par la sève du progrès et tend ainsi vers l'idéal de la classification naturelle. Pour notre physicien, il ne fait aucun doute que la théorie

44. P. DUHEM, *Physique de croyant (2)*, p. 151.
45. P. DUHEM, *Physique de croyant (2)*, p. 150.

abstraite actuelle, celle qui jusqu'ici est la plus aboutie, n'est rien d'autre que « celle que l'on nomme Thermodynamique générale »[46] :

> « Ce jugement nous est dicté par la contemplation de l'état actuel de la Physique, de l'harmonieux ensemble que la Thermodynamique générale compose au moyen des lois que les expérimentateurs ont découvertes et précisées ; il nous est dicté, surtout, par l'histoire de l'évolution qui a conduit la théorie physique à son état actuel »[47].

Si un tel jugement suit immédiatement la conception que Duhem se fait de l'histoire de la physique, quelle peut être la doctrine cosmologique analogue à la théorie dont il a fait l'œuvre de sa vie ? L'analogie que Duhem pense établir paraît quelque peu aventurée :

> « Cette Cosmologie, c'est la Physique péripatéticienne ; et cette analogie est d'autant plus saisissante qu'elle est moins voulue ; d'autant plus frappante que les créateurs de la Thermodynamique étaient plus étrangers à la philosophie d'Aristote »[48].

2. Le lien entre physique moderne et cosmologie aristotélicienne

Duhem esquisse alors trois aspects sur lesquels peuvent s'unir la thermodynamique générale — ou l'énergétique — et la cosmologie d'Aristote. Le premier concerne l'égale importance accordée aux catégories de la quantité et de la qualité. Si la physique aristotélicienne postule l'irréductibilité du qualitatif au quantitatif, l'énergétique n'en fait rien. Cependant, en prenant en compte « les diverses intensités des qualités »[49] tout aussi bien que « les diverses grandeurs des quantités »[50], elle s'oppose à la tendance de l'École mécaniste à tout réduire à la quantité : par-là, elle s'approche d'Aristote. Le second point est similaire : au lieu de réduire les phénomènes au seul mouvement local, l'énergétique plaide en faveur de nouveaux types de mouvement, tels

46. P. DUHEM, *Physique de croyant (2),* p. 152.
47. P. DUHEM, *Physique de croyant (2),* p. 152.
48. P. DUHEM, *Physique de croyant (2),* p. 153.
49. P. DUHEM, *Physique de croyant (2),* p. 154.
50. P. DUHEM, *Physique de croyant (2),* p. 154.

les variations de température, les modifications chimiques et les changements d'état électrique ou d'aimantation. La notion de mouvement est d'une portée plus large dans la physique d'Aristote, tandis qu'elle se résume au mouvement local dans les cosmologies cartésienne, atomistique et newtonienne. Enfin, sous un troisième aspect, la mécanique chimique, en tant que branche de l'énergétique, revient à la notion de mixte telle qu'Aristote l'avait définie[51].

Toutefois, Duhem tient à préciser que ce qu'il compare à l'énergétique, ce n'est pas la physique d'Aristote à l'état brut, mais les idées profondes et proprement philosophiques qui s'en dégagent :

> « Celui donc qui veut reconnaître l'analogie de la Cosmologie péripatéticienne avec la Physique théorique actuelle ne doit pas s'arrêter à la figure superficielle de cette Cosmologie ; il doit en pénétrer le sens profond »[52].

Pour illustrer son propos, Duhem décrit la théorie du lieu naturel d'Aristote, qui lui semble « puérile » et ne paraît pas avoir la moindre analogie avec la physique moderne. Cependant, en dépouillant cette doctrine de ses détails et en allant chercher non pas la physique, mais l'idée métaphysique qui s'y trouve comme celée, l'analogie se manifeste tout autrement :

> « Nous y trouvons l'affirmation qu'un état se peut concevoir, où l'ordre de l'Univers serait parfait ; que cet état serait pour le monde un état d'équilibre et, qui plus est, un état d'équilibre stable […] ils [les mouvements naturels] ont tous pour objet de conduire l'Univers à cet état d'équilibre idéal, en sorte que cette cause finale [l'état d'équilibre] est, en même temps, leur cause efficiente »[53].

---

51. P. DUHEM, *Le mixte et la combinaison chimique*, pp. 199-207. Duhem explique plus en détail, dans la conclusion de cet ouvrage, ce qu'il entend rapprocher entre la théorie physique qu'il défend et la cosmologie d'Aristote.
52. P. DUHEM, *Physique de croyant (2)*, p. 155.
53. P. DUHEM, *Physique de croyant (2)*, p. 157.

À cette compréhension de la doctrine du lieu naturel d'Aristote, Duhem associe le principe d'entropie en thermodynamique, lequel place aussi un état d'équilibre stable qui fait converger tous les mouvements de l'univers considéré comme un système isolé. De cette ressemblance éclatante, notre savant en tire une « saisissante analogie »[54] entre la cosmologie aristotélicienne et la thermodynamique. Abel Rey avait donc eu raison d'entrevoir une nette sympathie, revendiquée par Duhem, entre les idées physiques de celui-ci et la doctrine du Stagirite[55]. Seulement, il n'avait pas vu que l'opinion du cosmologiste n'affectait en rien la pensée du physicien, que l'analogie en question suppose l'autonomie préalable de la méthode dont use la physique, et que celle-ci n'étant pas marquée du sceau de la nécessité, elle n'implique nul contrecoup.

En dépit d'une certaine ouverture et de l'impossibilité d'une analogie définitive, le système duhémien ne peut s'accorder avec n'importe quelle tentative métaphysique ou cosmologique. La doctrine de la classification naturelle, qui s'« impose au physicien »[56] et *a fortiori* au cosmologiste, suppose inévitablement une unité ontologique que la science découvre progressivement et qui doit s'achever dans l'unité du savoir humain et de la science — physique et métaphysique incluses. Ne se satisfaisant pas de définir la méthode et la portée de la cosmologie, Duhem s'est lui-même aventuré sur ce terrain en proposant une explication métaphysique analogue à l'enseignement de la thermodynamique. Ainsi, une question légitime vient à se poser : Duhem est-il aristotélicien ? Finalement, étant donné la foi de notre savant, cette interrogation nous amène à discuter d'une possible influence néo-thomiste.

54. P. DUHEM, *Physique de croyant (2),* p. 158.
55. A. REY, *La philosophie scientifique de M. Duhem,* p. 740.
56. P. DUHEM, *Physique de croyant (2),* p. 151.

IV. La thèse d'un Duhem néo-thomiste

1. Analyse de la situation

Après avoir explicité comment Duhem concevait la cosmologie et comment il envisageait la possibilité de la fonder, il nous semble opportun d'intégrer ces considérations dans un débat autour du supposé néo-thomisme de Duhem. Dans *Le phénoménalisme problématique de Pierre Duhem*, M. Stoffel entreprend une étude à propos des doctrines philosophiques qui auraient possiblement inspiré notre savant et il mentionne le néo-thomisme parmi quelques autres — le kantisme, l'influence de Maurice Blondel et celle de Pascal. D'après lui, un commentateur, M. St. L. Jaki, a défendu la thèse d'un Duhem néo-thomiste ; d'autres en revanche, MM. R. Maiocchi et R. N. D. Martin, ne s'y sont pas rendus. Devant la radicalité des positions, M. Stoffel, quant à lui, reste dubitatif :

> « Pour notre part, nous souhaiterions ouvrir une troisième voie, qui se voudrait plus nuancée et plus respectueuse de la complexité historique. Il est cependant un point à propos duquel nous entendons nous montrer intransigeant, d'autant qu'il constitue en réalité l'enjeu véritable de ce débat. La distinction duhémienne entre physique et métaphysique est-elle nette et radicale, est-elle véritablement une distinction pour séparer, ou bien, n'est-elle pas finalement, dans la lignée d'un certain néo-thomisme, une distinction pour unir ? »[57]

Le problème étant posé, nous aimerions apporter notre contribution à cette tierce perspective. Avant cela, il nous faut nous attarder sur l'analyse que déploie M. Stoffel : celui-ci entend prouver, sur la base de la correspondance de Duhem avec le Père Jean Bulliot[58], que la distinction duhémienne agit bien dans le but de séparer physique et métaphysique.

---

57. J.-F. STOFFEL, *Le phénoménalisme problématique de Pierre Duhem*, p. 321.
58. Jean Bulliot fut un néo-thomiste et un professeur de philosophie à l'Institut catholique de Paris.

La correspondance entre Duhem et Bulliot semble s'être amorcée à l'occasion du troisième congrès scientifique international des catholiques, qui eut lieu à Bruxelles, et à l'occasion duquel Duhem prit à partie les philosophes néo-thomistes qui, selon lui, ne comprenaient rien à la méthode physique. Dans une lettre du 7 mars 1895, Bulliot explique sa motivation, laquelle n'est rien autre que la nécessité « de rétablir aujourd'hui l'harmonie des sciences et de la métaphysique »[59]. Il marque en même temps qu'il a tout à fait compris où Duhem voulait en venir par son phénoménalisme, par cette stratégie négative qui immunise, l'une à l'égard de l'autre, physique et métaphysique :

> « J'accepte votre manière d'entendre leurs rapports et leur harmonie. Seulement cet accord est à peu près purement négatif et il n'épuise pas la question, puisque, vous le reconnaissez vous-même la conception actuelle de la science est “erronée et trop restreinte” »[60].

Or, si un tel accord négatif ne peut suffire à combler l'esprit philosophique, Bulliot insiste en faveur d'une nouvelle démarche, qui sans renier la précédente articulation, la dépasserait dans le cadre d'une pensée plus vaste, d'une visée plus grandiose :

> « Il y a donc place — à côté ou au-dessus de cette entente négative, fondée sur une exacte délimitation et sur une séparation trop tranchée des frontières — pour une entente positive, pour une harmonie plus complète, pour une union plus étroite et une compénétration plus intime de ces deux branches du savoir »[61].

Bulliot a conscience que cette entente positive ne peut être établie avec une parfaite certitude, étant donné la critique épistémologique menée par Duhem. Pour autant, ce manque de certitude ne peut, selon lui,

---

59. D'après J.-F. STOFFEL, *Le phénoménalisme problématique de Pierre Duhem,* p. 324.
60. D'après J.-F. STOFFEL, *Le phénoménalisme problématique de Pierre Duhem,* p. 324.
61. D'après J.-F. STOFFEL, *Le phénoménalisme problématique de Pierre Duhem,* p. 324.

éliminer toute velléité de construire un système métaphysique vis-à-vis de la science, c'est-à-dire un système cosmologique :

> « En somme ; à notre avis, vous sacrifiez peut-être trop, vous, savants, l'explication, l'intelligibilité à la certitude. […] Nous refuser la légitimité de cette tentative, c'est condamner la philosophie elle-même, c'est vouloir la supprimer »[62].

Le Père Bulliot a senti la réserve que manifeste Duhem à propos d'une interprétation de la science au profit de la métaphysique, mais il n'en demeure pas moins convaincu de l'insuffisance du phénoménalisme strict. À la lecture, en 1904, de *La théorie physique*, Bulliot fait état de quelques remarques, toujours sur le même sujet. Il indique notamment deux phases dans le développement d'une théorie physique : la phase analytique, où celle-ci se construit d'une manière autonome, radicalement séparée de la métaphysique ; et la phase synthétique, où elle tend, par sa propre évolution, à une métaphysique spécifique — référence immédiate à la classification naturelle[63]. Bulliot suggère alors à Duhem de mieux expliciter cette phase synthétique et, finalement, le lien entre théorie physique et cosmologie, par l'ajout de quelques lignes à son ouvrage. Étonnement, M. Stoffel finit par dire que Duhem ne tint pas compte de ces remarques. Pour nous, bien que nous reconnaissions n'avoir pas lu la correspondance qui s'étale jusqu'en 1915, il paraît évident que l'article *Physique de croyant*, qui s'adjoint à la seconde édition de *La théorie physique*, répond aux réflexions de Bulliot en sa seconde partie[64]. De plus, si l'on considère que la première partie[65] de cet article suffit amplement à riposter aux critiques d'Abel Rey, on peut justement affirmer que Duhem en a profité pour développer, dans la seconde, ce qu'il n'avait pu faire — et

---

62. D'après J.-F. STOFFEL, *Le phénoménalisme problématique de Pierre Duhem*, p. 326.
63. J.-F. STOFFEL, *Le phénoménalisme problématique de Pierre Duhem*, p. 327.
64. C'est-à-dire du § 6 au § 9.
65. C'est-à-dire du § 1 au § 5.

qu'il hésitait peut-être à faire — jusque-là (d'où ses réticences face aux demandes insistantes de Bulliot dans leur correspondance).

D'après les critères établis par les commentateurs MM. Maiocchi et Martin, M. Stoffel arrive à la même conclusion que ceux-ci, puisqu'il pense avoir prouvé, à l'aide de la correspondance, que Duhem n'entendait pas unir physique et métaphysique à l'instar de ses interlocuteurs néo-thomistes[66]. Selon ces mêmes critères, nous affirmons que Duhem peut être considéré comme néo-thomiste, car il ne distingue pas physique et métaphysique afin de leur empêcher toute communication. Dès l'article *Physique et métaphysique*, Duhem précisait la base commune entre ces deux disciplines et soulignait que la cosmologie ne pouvait se passer de l'étude de la physique[67]. Si la distinction qu'il conçoit entre théorie physique et métaphysique est vraiment radicale, cette radicalité n'exclut cependant pas une entente réellement positive entre ces domaines, rendue possible par la doctrine de la classification naturelle. Grâce à elle, la cosmologie pourra se servir du développement théorique : n'est-ce pas ce que Bulliot demandait ? La cosmologie pensée par Duhem n'est peut-être pas tout à fait ce que ce dernier imaginait : l'entente positive n'est valable que si les rigoureuses conditions imposées par notre savant sont respectées ; le cosmologiste ne peut pas prétendre user de la théorie physique pour son compte s'il n'est qu'un profane en la matière. De plus, ce lien dont dispose le cosmologiste ne peut égaler la solidité d'une démonstration : il oscille entre les degrés de l'analogie. Une telle union de la physique et de la métaphysique semble relativement faible. Néanmoins, elle reflète l'esprit de prudence avide de certitude qui caractérise Duhem. Surtout, il ne faudrait pas négliger les promesses qu'elle concède, car selon la doctrine de la clas-

---

66. J.-F. STOFFEL, *Le phénoménalisme problématique de Pierre Duhem*, p. 328.
67. P. DUHEM, *Physique et métaphysique*, p. 471. Duhem écrit notamment que « les lois physiques sont le point de départ logique de toute recherche métaphysique touchant l'essence des choses matérielles ».

sification naturelle, cette union est vouée à se parfaire au fur et à mesure que la physique et la cosmologie se développent, chacune de leur côté.

2. La philosophie scientifique duhémienne appuie le néo-thomisme

Quoiqu'il nie ladite entente positive, M. Stoffel en vient tout de même à reconsidérer l'influence du néo-thomisme chez Duhem[68], en dévoilant de nouveaux critères. En effet, notre savant a entretenu des liens étroits avec la Société scientifique de Bruxelles et sa revue[69], dont la devise, foncièrement thomiste, est que « le Vrai ne peut contredire le vrai »[70]. M. Stoffel soutient alors que le phénoménalisme strict de Duhem, empêchant la physique et la métaphysique de se contredire — mais aussi, faut-il le rappeler, de s'accorder —, peut s'entendre dans la lignée de cette devise et de l'encyclique *Providentissimus Deus* du Pape Léon XIII. Il ajoute que pour répondre à l'exhortation du Pape, prônant un « retour à Aristote et à l'Aquinate »[71], Duhem peut avancer la réhabilitation de la catégorie de la qualité menée en physique, grâce à la thermodynamique notamment.

De telles considérations, selon nous, n'ont pas assez de force et demeurent peu enclines à présenter un Duhem réellement fidèle aux tendances philosophiques exprimées par Rome. Le retour de la science à Aristote constaté par Duhem ne peut se limiter à une simple prise en

68. J.-F. STOFFEL, *Le phénoménalisme problématique de Pierre Duhem*, pp. 328-329.
69. La *Revue des questions scientifiques*, fondée par le prêtre jésuite Carbonnelle, dans laquelle Duhem a notamment publié ses premiers articles philosophiques, est publiée par la Société scientifique de Bruxelles qui fut contrainte de faire entendre sa participation au mouvement néo-thomiste. Cf. J.-Fr. STOFFEL, *De l'« ultradynamisme métaphysique » du père Ignace Carbonnelle sj au « thomisme élargi » de Pierre Duhem, l'évolution philosophique, sollicitée par Rome, de la Société scientifique de Bruxelles*.
70. J.-F. STOFFEL, *Le phénoménalisme problématique de Pierre Duhem*, p. 331.
71. J.-F. STOFFEL, *Le phénoménalisme problématique de Pierre Duhem*, p. 331.

compte de la qualité par la physique. Car il faudrait préciser que la physique moderne, selon Duhem, n'émet aucune hypothèse sur la qualité à la manière de la physique péripatéticienne ; au contraire, c'est justement par l'absence de ce type d'hypothèses métaphysiques — dont usait le mécanisme en sens opposé —, par commodité donc, qu'elle use à nouveau de la qualité. Pour transformer un tel fait, neutre a priori, en un signe parmi d'autres étayant un regain des idées d'Aristote, l'analogie — et donc le dépassement du phénoménalisme strict — est indispensable. Duhem ne prétend pas revenir à la physique d'Aristote, c'est entendu, mais plutôt aux idées métaphysiques et cosmologiques qui en constituent la quintessence. Mais comment tirer une portée métaphysique de certains caractères présents en la théorie physique si l'on ne peut établir aucune espèce d'entente positive avec la cosmologie ? La réponse vient elle-même : il ne peut y avoir un retour de la science à Aristote, si l'on ne considère qu'une entente purement négative entre physique et cosmologie. D'ailleurs, c'est la doctrine de la classification naturelle qui justifie la devise catholique, puisque la théorie physique tend à rejoindre et à s'accorder avec la métaphysique, avec le Vrai. Paradoxalement, M. Stoffel qui souhaite insister sur la notion d'unité au sein de la pensée duhémienne, n'a pas mentionné l'unité que révèle cette entente positive de la physique et de la métaphysique et il regrette même de ne l'avoir pas perçue :

> « Mais l'on ne peut s'empêcher de se demander quelle aurait été l'attitude de Duhem dans un contexte plus favorable ? N'aurait-il pas, dans ce cas, plus explicitement appuyé son projet unificateur sur l'unité même du monde et sur la motivation réaliste des scientifiques ? »[72].

Chez Duhem, la conception philosophique de la science surpasse un phénoménalisme étriqué ; mieux, le phénoménalisme duhémien contient la réponse au problème qu'il pose — en ce que la pratique de la physique témoigne de l'insuffisance de la méthode purement positive

---

72. J.-F. STOFFEL, *Le phénoménalisme problématique de Pierre Duhem*, p. 352.

— et conduit à son propre dépassement, par là uniquement, le savant est capable de justifier sa motivation réaliste et d'affirmer l'unité du monde.

D'une manière plus flagrante encore, les dernières lignes de *Physique de croyant* sont caractéristiques d'une influence néo-thomiste, puisqu'il y est fait mention du Pape qui « proclamait, naguère encore, et les services que la Philosophie de S. Thomas d'Aquin a rendus jadis à la Science, et ceux qu'elle lui peut rendre à l'avenir »[73]. Duhem demeure pourtant soucieux que sa conception de la physique n'exclut pas l'incroyant et il observe qu'accepter la cosmologie d'Aristote ne revient pas nécessairement à admettre la foi catholique. Il choisit ainsi de délaisser la possibilité d'une apologétique scientifique positive, quoique non démonstrative, qu'il a lui-même fondée[74]. Quand bien même il n'oblige personne à partager sa foi, ceux qui le suivent jusqu'en son appréciation de l'analogie découvrent qu'ils s'en sont singulièrement approchés. Puisque de nombreux docteurs catholiques, dont Saint Thomas d'Aquin, ont eu recours à la cosmologie d'Aristote dans leur entreprise de théologie naturelle, on peut alors penser que notre savant laisse une place légitime à une telle tentative.

Que Duhem soit aristotélicien ou néo-thomiste, la question ne paraît pas univoque, ni tranchée. En effet, qu'on se souvienne de son travail en histoire des sciences, où il conçoit l'Église comme étant opposée à l'œuvre d'Aristote puisqu'elle opère un travail de sape de la physique péripatéticienne annonciateur de la naissance de la science moderne. Comment concilier cet aspect de la pensée de notre auteur avec celui en lequel il se félicite d'un retour des idées d'Aristote en physique ?

---

73. P. DUHEM, *Physique de croyant (2)*, p. 158.
74. Bien que le phénoménalisme de notre savant neutralise la possibilité d'une apologétique scientifique positive au sens strict, il reste tout à fait possible, par le recours à l'analogie et à la cosmologie d'Aristote, de tirer de fortes présomptions en faveur de tel ou tel dogme de la religion catholique : même si ces raisons ne s'imposent pas pleinement et sont dans l'incapacité de convaincre, elles peuvent encore persuader.

Selon nous, cela signifie simplement que Duhem peut admirer ce qu'il juge bon chez un savant et se montrer critique à l'égard de ce qui ne résiste pas à son analyse. Chez Descartes, Duhem apprécie le génie qui est à l'origine de l'œuvre purement scientifique — c'est-à-dire la théorie abstraite et symbolique —, en même temps qu'il se fait l'adversaire du philosophe et de ses idées métaphysiques. Pour Aristote, c'est tout l'inverse : Duhem s'attaque, en histoire, à la couche scientifique, vétuste et superficielle, de la physique du Stagirite qui gêne l'apparition de la physique moderne, tandis qu'il plaide pour une renaissance des idées cosmologiques profondes du Philosophe sur la base même de la théorie physique abstraite et actuelle.

On pourrait en dire autant à propos de Saint Thomas d'Aquin. Si l'on entend par « néo-thomiste » un disciple qui admet en tout point la philosophie de l'Aquinate, assurément alors, Duhem ne l'est point : lui-même écrit qu'il n'y a pas, à proprement parler, de philosophie thomiste[75] ! Cependant, l'influence néo-thomiste — et peut-être thomiste tout simplement[76] — qui s'exerce sur la pensée de Duhem est indéniable : en filigrane de l'articulation entre physique et métaphysique, on comprend que notre savant a essayé d'harmoniser les rapports entre science et Foi.

75. P. DUHEM, *Le système du monde*, tome 5, p. 569. Si Duhem est si sévère à l'encontre de la doctrine philosophique du Docteur angélique, c'est parce qu'il souhaite faire remarquer clairement, surtout aux néo-thomistes contemporains, l'impossibilité d'une synthèse entre l'aristotélisme et le dogme catholique. Cela ne retire rien aux éloges qu'il lui fait par ailleurs, en écrivant que « mieux qu'Averroès, il eût mérité le titre de Commentateur » (p. 566).

76. Voir *Le mouvement néo-thomiste*, pp. 402-403, où P. Mansion, secrétaire général de la *Revue des questions scientifiques*, indique l'importance que prit Duhem dans l'orientation de cette revue vers un « thomisme élargi ». Cf. J.-Fr. STOFFEL, *De l'« ultradynamisme métaphysique » du père Ignace Carbonnelle sj au « thomisme élargi » de Pierre Duhem, l'évolution philosophique, sollicitée par Rome, de la Société scientifique de Bruxelles*.

Conclusion

En commençant par décrypter le passage du phénoménalisme à la doctrine de la classification naturelle, nous avons pu mieux apprécier comment l'aspect métaphysique de la pensée duhémienne intervient sans contredire l'aspect purement positif ; nous avons notamment observé qu'un tel relais n'est pas immédiat et préserve la radicalité du phénoménalisme en physique. La notion de classification naturelle fait alors intervenir la métaphysique dans le but d'accorder une pleine légitimité à la physique, en complétant et en achevant la conception que le savant se fait de sa propre science.

Par la suite, cette clarification nous a permis d'étudier sereinement l'élaboration de la cosmologie chez Duhem et d'examiner comment la physique, selon lui, doit y contribuer. Les lois et phénomènes physiques servent de fondement à la cosmologie comme à la physique. La conception positive de la théorie physique — le phénoménalisme — influence la cosmologie en lui délimitant son propre domaine et en lui évitant toute confusion. La conception métaphysique de la théorie physique — la doctrine de la classification naturelle —, en revanche, dicte les règles précises qui permettent le progrès de la cosmologie ; en tirant l'analogie de la classification naturelle, une réelle entente positive entre la théorie physique et la cosmologie émerge. Puisque la physique elle-même enrichit et participe à la bonne marche de la métaphysique, nous pourrions dire, suivant le mot de M. Boutot :

> « Physique et métaphysique renvoient en définitive l'une à l'autre, sans pour autant se confondre l'une avec l'autre »[77].

Distinguer pour unir, telle est la voie, suivie par Duhem, qui préfigure une harmonie universelle de la Science. Mais si cet argument ne suffit pas, comme nous le pensons, à engager Duhem du côté des néothomistes, du moins, la possibilité d'une analogie qu'il entrevoit avec

77. A. BOUTOT, *Physique et métaphysique chez Pierre Duhem*, p. 247.

la cosmologie aristotélicienne manifeste plus qu'un indice. La direction que prend la philosophie duhémienne contribue en effet à celle dont procède le mouvement néo-thomiste. En réhabilitant la philosophie d'Aristote, Duhem restitue la dignité et la faveur d'« un grand nombre de docteurs catholiques »[78], parmi lesquels saint Thomas d'Aquin, et ajoute que « l'Église catholique a puissamment contribué […] à maintenir la raison humaine dans la bonne voie »[79]. Cette voie de conciliation entre science et Foi semble inscrire Duhem, quoique d'une manière originale et peut-être implicite, dans la lignée du néo-thomisme.

Bibliographie

[1] *Le mouvement néo-thomiste*, in *Revue néo-scolastique*, 8e année, 1901, pp. 401-403.

[2] BOUTOT (Alain), *Physique et métaphysique chez Pierre Duhem*, in *Les études philosophiques*, 1994, n°1-2, pp. 233-248.

[3] DUHEM (Pierre), *L'évolution de la mécanique*. – Paris : Maison d'éditions A. Joanin et Cie, 1903. – 348 p.

[4] ———, *L'évolution des théories physiques du XVIIe siècle jusqu'à nos jours*, in *Revue des questions scientifiques*, 20e année, vol. 40 (2e série, vol. 10), 1896, pp. 463-499.

[5] ———, *La théorie physique : son objet et sa structure*. – Paris : Chevalier & Rivière éditeurs, 1906. – 450 p. – (Bibliothèque de philosophie expérimentale ; 2).

[6] ———, *La valeur de la théorie physique : à propos d'un livre récent*, in *Revue générale des sciences pures et appliquées*, 19e année, 15 janvier 1908, n°1, pp. 7-19.

[7] ———, *Le mixte et la combinaison chimique : essai sur l'évolution d'une idée*. – Paris : C. Naud éditeur, 1902. – [vi], 207 p.

78. P. DUHEM, Physique de croyant (2), p. 158.
79. P. DUHEM, Physique de croyant (2), p. 159.

[8] ———, *Le système du monde : histoire des doctrines cosmologiques de Platon à Copernic*. – Tome 5. – Paris : Librairie scientifique A. Hermann et fils, 1917. – 596 p.

[9] ———, *Les origines de la statique : les sources des théories physiques*. – Tome 2. – Paris : Librairie scientifique A. Hermann, 1906. – VIII, 364 p.

[10] ———, *Physique de croyant (1re livraison)*, in *Annales de philosophie chrétienne*, 77e année, vol. 151 (4e série, vol. 1), 1905, n°1, pp. 44-67.

[11] ———, *Physique de croyant (2e livraison)*, in *Annales de philosophie chrétienne*, 77e année, vol. 151 (4e série, vol. 1), 1905, n°2, pp. 133-159.

[12] ———, *Physique et métaphysique*, in *Annales de philosophie chrétienne*, 63e année, vol. 127 (nouv. série, vol. 28), 1893, n°5-6, pp. 461-486.

[13] REY (Abel), *La philosophie scientifique de M. Duhem*, in *Revue de métaphysique et de morale*, 12e année, 1904, n°4, pp. 699-744.

[14] ROUMENGOUS (Lucas), *L'articulation entre physique et métaphysique chez Pierre Duhem* / mémoire de master 1 « Philosophie et histoire des sciences fondamentales : mathématique et physique » sous la direction de Gabriella CROCCO. – Marseille : Université Aix-Marseille, 2016. – 137 p.

[15] STOFFEL (Jean-François), *De l'« ultradynamisme métaphysique » du père Ignace Carbonnelle sj au « thomisme élargi » de Pierre Duhem, l'évolution philosophique, sollicitée par Rome, de la Société scientifique de Bruxelles*, dans *Quatre siècles de présence jésuite à Bruxelles = Vier eeuwen jezuïeten te Brussel* / sous la direction de Alain DENEEF et Xavier ROUSSEAUX. – Bruxelles : Éditions Prosopon, 2012. – pp. 590-603. – (Jesuitica).

[16] ———, *Le phénoménalisme problématique de Pierre Duhem* / préface de Jean LADRIÈRE. – Bruxelles : Académie royale de Belgique, 2002. – 391 p. – (Mémoire de la Classe des lettres : collection in-8°, 3e série, tome 27).

Duhem et les limites de son phénoménisme : la théorie physique peut-elle se contenter de sauver les phénomènes ?

Jean SEIDENGART
Université Paris Ouest-Nanterre

Résumé. — Dans notre étude, nous nous proposons de mettre à l'épreuve l'idée fondamentale de Pierre Duhem, selon laquelle la tâche de la théorie physique serait de « sauver les phénomènes ». Duhem utilise la notion de phénomène pour lutter contre deux positions extrêmes et ruineuses pour la science : le dogmatisme et le scepticisme. Or, si la science ne fait que sauver les phénomènes, il est vrai qu'elle évite l'écueil du dogmatisme, mais elle risque de sombrer dans le scepticisme. Pour éviter ce dernier écueil, Duhem s'efforce de mettre en lumière les progrès de la connaissance scientifique en revenant sur son histoire. Cela le conduit à admettre expressément qu'elle s'approche de plus en plus de la vérité ou de la réalité. D'ailleurs, il reconnaît même qu'elle devient de plus en plus, selon ses propres termes, « le reflet d'un ordre ontologique ». Comment cette affirmation est-elle possible, alors qu'il a toujours séparé la physique de la métaphysique ? L'objet de notre investigation est de montrer comment Duhem pense éviter cette contradiction apparente.

Abstract. — The aim of the present paper is to examine Pierre Duhem's main idea, namely, that the principal task of physical theory should be "saving the phenomena". Duhem uses the term 'phenomenon' in order to overcome the two dangerously opposing schools of scientific thought: dogmatism and skepticism. If science merely serves to support 'sensible appearances', then although it certainly avoids the pitfalls of dogmatism, it is however likely to become immersed in skepticism. In order to avoid the latter hurdle, Duhem strives to highlight the great

SEIDENGART (Jean), *Duhem et les limites de son phénoménisme : la théorie physique peut-elle se contenter de sauver les phénomènes ?*, dans *Pierre Duhem, cent ans plus tard (1916-2016) : actes de la journée d'étude internationale tenue à Tunis le 10 mars 2016, suivis de l'édition française de l'« Histoire de la physique » (1911) de Pierre Duhem* / édités par Jean-François STOFFEL avec la collaboration de Souad BEN ALI. – Tunis : Université de Tunis, 2017. – pp. 199-219.

advances in scientific knowledge achieved throughout the course of history. This point leads him to expressly acknowledge that science is edging ever-closer to reality. Moreover, Duhem even goes so far as to assert that science will gradually become (in his own words) “the reflection of an ontological order”. How is such a statement possible when he had always set physics and metaphysics apart? The purpose of our research is thus to show how Duhem claims to surmount this apparent contradiction.

I. Retour sur la thèse de Duhem « sauver les phénomènes »

Il s’agit d’élucider le sens de cette expression qui jalonne toute l’histoire des sciences et plus particulièrement l’astronomie : « sauver les phénomènes » et le rôle que Duhem lui fit jouer dans sa conception des rapports entre la science et la métaphysique. Ici, la notion de *phénomène* traverse les siècles sans que Duhem s’inquiète de son éventuel changement de sens ; d’ailleurs, il considère comme équivalents les termes de phénomène et d’apparence, sous prétexte que l’expression grecque « *sôzein ta phaïnomena* » a reçu traditionnellement comme traduction latine celle de « *salvare apparentias* ». Du coup, le phénomène et l’apparence sont considérés comme équivalents puisqu’ils sont censés assumer la même fonction dans les *corpus* scientifiques et surtout astronomiques depuis l’antiquité jusqu’à l’âge classique inclus. Cette persistance de la même signification convient parfaitement à la conception plutôt *continuiste* de l’histoire des sciences, malgré la *coupure* de la condamnation de 219 thèses par l’évêque de Paris Étienne Tempier en 1277 (sous la requête du pape Jean XXI).

Duhem se dit d’accord avec tout un courant scientifique et épistémologique traditionnel qui considère les hypothèses astronomiques comme des *fictions*, bien qu’elles permettent d’assurer des prévisions et de s’accorder en partie avec les phénomènes. Cette conception figure

1°) dans son opuscule de 1908 : *Σῴζειν τὰ φαινόμενα*[1], et 2°) dans sa monumentale histoire de la cosmologie en 10 volumes intitulée : *Le système du monde : histoire des doctrines cosmologiques de Platon à Copernic*.

Tout d'abord, il convient de revenir sur ce que Duhem entendait par *phénomène* dès 1906 dans son ouvrage sur *La théorie physique* : ce terme ne désignait pas seulement les *faits empiriques* observationnels, mais aussi leur *interprétation* au sein d'une théorie admise par l'observateur :

> « Produire un phénomène physique dans des conditions telles qu'on le puisse observer exactement et minutieusement, au moyen d'instruments appropriés, n'est-ce pas l'opération que tout le monde désigne par ces mots : Faire une expérience de Physique ? [...] L'expérience [...] comporte deux parties. Elle consiste, en premier lieu, dans l'observation de certains faits [...] Elle consiste en second lieu, dans l'interprétation des faits observés ; pour pouvoir faire cette interprétation, [...] il faut connaître les théories admises, il faut savoir les appliquer, il faut être physicien. [...] *Une expérience de Physique est l'observation précise d'un groupe de phénomènes accompagnée de l'*INTERPRÉTATION *de ces phénomènes ; cette interprétation substitue aux données concrètes réellement recueillies par l'observation des représentations abstraites et symboliques qui leur correspondent en vertu des théories admises par l'observateur* »[2].

Le phénomène est non seulement un mixte entre le sujet empirique et l'objet empirique, mais il est en outre mâtiné d'éléments théoriques (concepts) et de symboles mathématiques. Les phénomènes sont donc médiatisés par le théorique, non pas pour les surcharger d'éléments étrangers, mais au contraire pour les corriger et faire en sorte que les mesures de phénomènes puissent être *traduites* en connaissances.

---

1. Cf. P. DUHEM, *Σῴζειν τὰ φαινόμενα : essai sur la notion de théorie physique de Platon à Galilée*.
2. P. DUHEM, *La théorie physique*, II, chap. IV, 1, p. 218, 219, 222.

Ici l'on passe de l'astronomie à la théorie physique, mais Duhem considère que dans l'antiquité, comme il n'existait pas de théorie physique au sens strict, l'astronomie en tenait lieu, tandis que ce que l'on appelait *physique* à la même époque, ce n'était que de la métaphysique. Cependant, Duhem avait compris que la tâche qui revenait au philosophe de la philosophie naturelle et celle qui revenait à l'astronome étaient bien distinctes :

- l'astronome étudie les mouvements des corps célestes, leur ordre et leur grandeur,

- le « physicien » s'attache à la composition et à la disposition du cosmos.

Il peut leur arriver de traiter de la même question, mais suivant des voies différentes :

- l'astronome a recours au langage mathématique pour *décrire* les mouvements des corps célestes ;

- le physicien s'enquiert plutôt des *causes* et cherche des *explications*.

C'est ce qu'indique le texte de Simplicius que cite Duhem dans *Σῴζειν τὰ φαινόμενα* :

> « Souvent le physicien s'attachera à la cause et portera son attention sur la puissance qui produit l'effet qu'il étudie, tandis que l'astronome tirera ses preuves des circonstances extérieures qui accompagnent ce même effet ; il n'est point né capable de contempler la cause, de dire, par exemple, quelle cause produit la forme sphérique de la Terre et des astres. Dans certaines circonstances, dans le cas, par exemple, où il raisonne des éclipses, il ne se propose aucunement de saisir une cause ; dans d'autres cas, il croit poser certaines manières d'être, à titre d'hypothèses, de telle façon que ces manières d'être une fois admises, *les phénomènes soient sauvés*. Par exemple, il demande pourquoi le Soleil, la Lune et les autres astres errants semblent se mouvoir irrégulièrement ; que l'on suppose excentriques au monde les cercles décrits par les astres, ou que l'on suppose chacun des

> astres entraîné en la révolution d'un épicycle, l'irrégularité apparente de leur marche est également sauvée ; il faut donc déclarer que les apparences peuvent être également produites par l'une ou l'autre de ces manières d'être, en sorte que l'étude pratique des mouvements des astres errants est conforme à l'explication que l'on aura supposée. C'est pour cela qu'Héraclide de Pont déclarait qu'il est possible de sauver l'irrégularité apparente du mouvement du Soleil en admettant que le Soleil demeure immobile et que la Terre se meut d'une certaine manière. Il n'appartient donc aucunement à l'astronome de connaître quel corps est en repos par nature, de quelle qualité sont les corps mobiles ; il pose à titre d'hypothèse que tels corps sont immobiles, que tels autres sont en mouvement, et il examine quelles sont les suppositions avec lesquelles s'accordent les apparences célestes. »[3].

Plus précisément, l'astronome doit reconstruire des mouvements complexes des corps célestes en combinant des mouvements simples, c'est-à-dire des mouvements circulaires et uniformes, afin de reconduire les apparences d'irrégularité et de désordre propres aux astres errants à un *ordre sous-jacent*, selon le précepte de Platon dans son *Timée*[4].

En s'appuyant sur les textes livrés par la tradition historique, Duhem fait remonter l'injonction de *sauver les phénomènes* à Platon et aux

---

3. SIMPLICIUS, *Simplicii in Aristotelis Physicorum libros quattuor priores [-posteriores] Commentaria, Commentaire sur le livre II*, chap. II, p. 291-292. Cité par Duhem dans *Σῴζειν τὰ φαινόμενα*, pp. 9-11.
4. Cf. PLATON, *Timée*, 33b-34a, pp. 146-147 : « Dieu a tourné le Monde en forme sphérique et circulaire, les distances étant partout égales depuis le centre jusqu'aux extrémités. C'est là de toutes les figures la plus parfaite et la plus semblable à elle-même. [...] Il lui a donné le mouvement corporel qui lui convenait [...], lui imprimant sur lui-même une révolution uniforme, il l'a fait se mouvoir d'une rotation circulaire ». Cf. aussi *Timée*, 38d, p. 152 : « Ayant façonné le corps de chacun d'eux (Soleil, Lune et les cinq astres errants) le Dieu les a placés au nombre de 7, dans les 7 orbites que décrit la substance de l'Autre [...] de telle sorte qu'ils parcourent leurs cercles < *kuklon iontas* > avec une vitesse égale à celle du Soleil ».

platoniciens. Prenons la formulation la plus claire de cette injonction dans le passage très célèbre de Simplicius que cite souvent Duhem :

> « Platon admet en principe que les corps célestes se meuvent d'un mouvement circulaire, uniforme et constamment régulier ; il pose alors aux mathématiciens ce problème : Quels sont les mouvements circulaires, uniformes et parfaitement réguliers qu'il convient de prendre pour hypothèses, afin que l'on puisse *sauver les apparences présentées par les planètes* ? »[5].

Ici, le mot « régulier » signifie « dans le même sens ». S'il est vrai que cette formule célèbre remonte à l'École de Platon, il convient de bien comprendre que Duhem rapproche cette conception des astronomes grecs de sa propre conception de la théorie physique. Cela dit, Duhem prend au sérieux la position de Platon, dans la mesure où elle a rendu possible et a même encouragé l'application des mathématiques à la connaissance du cosmos, application qui a entraîné des progrès remarquables dans sa technicité. Il est même apparu que deux *hypothèses* très différentes ont réussi à « sauver les phénomènes » : le *géocentrisme* traditionnel et l'*héliocentrisme* d'Aristarque de Samos.

Sur le plan mathématique, alors qu'il existait 2 méthodes très différentes qui permettaient de rendre compte des 2 principales irrégularités des mouvements planétaires (variation de leur distance à la Terre et mouvements apparents de rétrogradation), soit à l'aide des épicycles soit de l'excentrique mobile [la planète décrit un grand orbe centré sur un petit cercle situé autour de la Terre], le mathématicien Apollonios de Perga a donné un théorème qui permet de démontrer l'*équivalence* des deux méthodes ou hypothèses. D'où le soupçon épistémologique propre à la science grecque qui a bien compris que la conformité des hypothèses astronomiques aux phénomènes célestes observationnels est un critère *nécessaire*, mais *non suffisant* pour en garantir la vérité.

---

5. SIMPLICIUS, *Simplicii in Aristotelis de Caelo Commentaria* ; commentaire 43 et 46 sur le livre II (éd. Karsten, p. 219, col. a et p. 221, col. a ; éd. Heiberg, p. 488 et p. 493). Cité par Duhem dans *Σῴζειν τὰ φαινόμενα*, p. 3. C'est nous qui soulignons.

Duhem qui le sait bien cite, dans son *Système du monde*, cette remarque importante de Proclus :

> « De fausses hypothèses on peut tirer une conclusion vraie, et la concordance de cette conclusion avec les phénomènes n'est pas une preuve suffisante de la vérité de ces hypothèses »[6].

D'où des efforts considérables de Duhem pour fournir des *jalons historiques* de cette filiation épistémologique afin de passer progressivement de Platon à Osiander et à Bellarmin, ces deux derniers étant censés avoir combattu le *réalisme scientifique* respectivement de Copernic et de Galilée. Donc, les investigations de Duhem en histoire des sciences ne sont pas vraiment neutres et leur fonction est de chercher à donner une justification historique à la position philosophique personnelle de Duhem. De même, il n'est pas certain que la théorie physique, à l'époque de Duhem, n'ait eu d'autre tâche que de « sauver les phénomènes ». D'où la conclusion finale de *Σῴζειν τὰ φαινόμενα*, où Duhem s'efforce de justifier sa propre vision d'ensemble *fictionnaliste* de l'histoire des sciences tout en critiquant le *réalisme* de Copernic, Kepler, Galilée et Newton :

> « En dépit de Kepler et de Galilée, nous croyons aujourd'hui, avec Osiander et Bellarmin, que les hypothèses de la physique ne sont que des artifices mathématiques destinés à *sauver les phénomènes* ; mais grâce à Kepler et à Galilée, nous leur demandons de *sauver à la fois tous les phénomènes* de l'Univers inanimé »[7].

Il faut souligner que les recherches historiques de Duhem ont été nettement critiquées par le grand historien des sciences et helléniste

---

6. P. DUHEM, *Le Système du monde*, t. II, p. 106, cite PROCLUS, *Procli Diadochi in Platonis Timaeum Commentaria,* Livre Δ, t. III, p. 126.
7. P. DUHEM, *Σῴζειν τὰ φαινόμενα*, p. 140. Précisons qu'Andreas Osiander, de son vrai nom Hosemann, 1498-1552, ordonné prêtre catholique en 1520 à Nuremberg, fut l'un des chefs de file de la réforme protestante aux côtés de Luther à la Diète d'Augsbourg. Toutefois, il admirait profondément Copernic et la « fausse préface » qu'il a rajoutée au *De revolutionibus* était seulement destinée à permettre que le livre soit publié. Là, Duhem ne semble pas y prêter attention.

britannique qu'est Geoffrey Lloyd[8]. Il est vrai que le *Système du monde* de 1913/1916 a corrigé nombre d'affirmations qui étaient hâtives ou inexactes dans l'exposé-conférence de 1908. Duhem reconnaît, par exemple, que Ptolémée, dans ses *Hypothèses des Planètes*, a changé de position en se rangeant plutôt du côté du *réalisme*[9], mais il renvoie dos à dos sa conception physique d'orbes rigides et son attachement au caractère hypothétique de ses artifices mathématiques, en taxant la position ptoléméenne d'ambiguë.

II. La justification *philosophique* et systématique du *fictionnalisme* de Duhem

Duhem taxe d'imprudence l'attitude épistémologique qui se prétend *réaliste* (au sens dogmatique à ses yeux), à savoir : celle de Copernic, Kepler, Galilée et Newton. Il récuse ce réalisme en arguant que l'histoire des sciences regorge de théories vétustes et abandonnées par les progrès considérables des théories ultérieures. D'un côté, Duhem admet le *progrès* incontestable de la science, donc une certaine approximation progressive de la vérité ; mais, d'un autre côté, il refuse de voir, dans quelque théorie que ce soit, l'expression même de la réalité, justement au nom de la *perfectibilité* indéfinie de la connaissance scientifique. Une théorie scientifique digne de ce nom pour Duhem ne peut prétendre légitimement avoir atteint la nature des choses, ni même être en mesure d'*expliquer* le réel, elle doit se limiter à « sauver les apparences » si elle est en accord avec les faits expérimentaux. Mais il y a plus que cela pour soutenir son fictionnalisme épistémologique.

Duhem s'appuie sur l'idée que si des hypothèses entièrement *différentes* peuvent être conformes aux phénomènes, c'est bien qu'elles « sauvent les phénomènes », mais cela ne garantit nullement qu'elles

8. Cf. G. LLOYD, *Saving the Appearences*.
9. P. DUHEM, *Le Système du monde*, t. II, p. 98.

soient *vraies*. D’ailleurs, il se pourrait aussi que les hypothèses en présence soient elles-mêmes fausses, puisque *le faux peut impliquer le vrai,* comme l’enseigne la logique classique. C’est une propriété de la loi de l’implication < *akolouthia* > bien connue depuis Philon de Mégare[10] que rappelle Sextus Empiricus :

> « Philon disait qu’une conditionnelle < *sunèmménon* > est vraie lorsqu’elle ne commence pas avec le vrai pour finir avec le faux ; de sorte qu’il y a pour cette conditionnelle < *sunèmménon* > trois façons d’être vraie et une d’être fausse »[11].

Dans le grec de Philon de Mégare, rapporté par Sextus Empiricus, le < *sunèmménon* > désigne une proposition hypothétique, c’est-à-dire une proposition conditionnelle de la forme : ‘*si p, alors q*’. On retrouve dans la citation de Sextus Empiricus la table de vérité de l’implication matérielle telle qu’on la présente dans le symbolisme moderne, mais dans un autre ordre.

p	q		$p \rightarrow q$
V	V		V
V	F		F
F	V		V
F	F		V

D’où la célèbre formulation médiévale de l’implication dans la logique traditionnelle : *ex falso sequitur quodlibet* ou même *verum sequitur ad quodlibet*. Duhem cite justement à cet égard la remarque du célèbre astronome jésuite Christophe Clavius[12] de Bamberg qui avait déclaré pour cette raison dans son *Commentaire sur la Sphère de Sacro Bosco* de 1581 :

---

10. Philon de Mégare, deuxième moitié du IVe siècle avant J.C.
11. SEXTUS EMPIRICUS, *Adv. Math*, VIII, 113-114.
12. Clavius (Christophe), jésuite allemand de Bamberg (1538-1612). Cette référence n’est pas innocente, car Clavius était opposé au système de Copernic.

> « Il peut fort bien arriver que les apparences véritables puissent être défendues par des orbes excentriques et des épicycles, bien que ceux-ci soient entièrement fictifs et ne soient nullement les vraies causes de ces apparences ; car du faux, on peut conclure le vrai, ainsi qu'il résulte de la Dialectique d'Aristote »[13].

Aussi, Duhem généralise cette idée et l'applique à toutes les théories physiques (ou même scientifiques en général) qu'il considère comme de simples *hypothèses*. Il s'ensuit que les théories scientifiques doivent être simplement susceptibles de *non-infirmation* par les phénomènes observationnels pour être considérées comme valides. Inversement, l'accord avec les faits est *nécessaire*, mais il n'est *pas suffisant* pour démontrer que l'hypothèse accède à la vérité, puisque deux hypothèses scientifiques *différentes*, voire opposées, peuvent aussi bien rendre compte des *mêmes* phénomènes. Cette question bien connue des épistémologues modernes a été au centre de la démarche de Karl Popper qui prend appui sur le *modus tollens*. Selon le *modus tollens*, qui est un critère *négatif* et *indirect* (par l'absurde) de la vérité de la connaissance, il n'est pas possible de conclure à partir de l'absence de conséquences fausses tirées d'une hypothèse que celle-ci est vraie, puisque d'un principe faux on peut conclure des conséquences vraies. On peut juste conclure d'une conséquence fausse qui découle d'une hypothèse, que l'hypothèse est elle-même fausse.

La démonstration suivant le « *modus tollens* » (par l'absurde) procède ainsi : pour prouver une proposition, 1°/ on part de sa *négation* et on en déduit une conséquence qui est reconnue *fausse* : de la fausseté de la conséquence on conclut à celle du principe d'où on l'a tirée, car le *faux* ne peut être déduit du *vrai*, conformément aux lois de l'implication. Ensuite, 2°/ de la *fausseté* de ce *principe*, on conclut à la *vérité* de celui dont il est la négation. Or, Duhem insiste lourdement sur le fait que le système héliocentrique de Galilée (ou de Copernic) n'est pas la négation ou la contradictoire au sens strict du système de Ptolémée : ce

---

13. Cité par P. Duhem dans *Σῴζειν τὰ φαινόμενα*, p. 111.

sont tout simplement deux « hypothèses » différentes, sinon il eût été possible de démontrer par l'absurde la fausseté du système de Ptolémée, ce qui aurait « validé » celui de Galilée :

> « Que les phénomènes cessent d'être sauvés par le système de Ptolémée ; le système de Ptolémée devra être reconnu certainement faux. Il n'en résultera aucunement que le système de Copernic soit vrai, parce que le système de Copernic n'est pas purement et simplement la contradictoire du système de Ptolémée »[14].

De son côté, Karl Popper considère Duhem comme un épistémologue déductiviste[15], mais il ne se réclame pas de lui[16].

III. Contre Duhem : la réduction *réaliste* des apparences

Il faut signaler qu'il existe une tout autre interprétation, que celle du fictionnalisme de Duhem, de l'expression célèbre : « sauver les phénomènes ». C'est même une interprétation radicalement opposée puisqu'elle relève du *réalisme épistémologique* (et du rationalisme) d'Alexandre Koyré. Voyons comment il interprète cette formule :

> « La cosmologie scientifique fait ses débuts en Grèce, puisque ce sont les Grecs qui, pour la première fois, ont conçu et formulé l'exigence intellectuelle du savoir théorique : *sauver les phénomènes*, c'est-à-dire formuler une théorie explicative du donné observable ; quelque chose que les Babyloniens n'ont jamais fait. J'insiste sur le mot "observable", car il est certain que le

14. P. DUHEM, *Σῴζειν τὰ φαινόμενα*, p. 132.
15. K. POPPER, *La logique de la découverte scientifique*, p. 26, note 5 : « Duhem […] a nettement soutenu des vues déductivistes ». Cependant, Popper a remarqué, dans une incise rajoutée plus tard à cette même note, que dans *La Théorie Physique*, Duhem « on peut également trouver des vues inductivistes, cf. I, chap. 3 » à propos de la « loi cartésienne de la réfraction ».
16. Comme Duhem, Popper lui aussi s'appuie sur le *modus tollens* pour présenter le mode d'inférence falsifiant, cf. *Op. cit.*, p. 74 : « la manière dont la falsification d'une conclusion entraîne la falsification du système dont il est dérivé est le *modus tollens* ».

> sens premier de la fameuse formule, *sôzein ta phainomena*, veut dire justement : expliquer les phénomènes, les sauver, c'est-à-dire révéler la réalité sous-jacente, révéler sous le désordre apparent du donné immédiat, une unité réelle, ordonnée et intelligible. Il ne s'agit pas seulement, ainsi que nous l'enseigne une mésinterprétation positiviste très courante, de les relier par le moyen d'un calcul, afin d'aboutir à la prévision : il s'agit véritablement de découvrir une réalité plus profonde et qui en fournisse l'explication »[17].

Ici, le réalisme de Koyré s'inspire directement de l'épistémologie « réaliste » d'Émile Meyerson en s'opposant directement à Duhem : bref, Koyré épouse le réalisme rationaliste des fondateurs de la science classique : Copernic, Descartes, Galilée, Kepler, etc…

En général, le *réalisme épistémologique* affirme que le monde physique est *régi par des lois indépendantes* du scientifique qui tente de les découvrir peu à peu. C'est dire que le *réaliste* admet qu'il existe un *ordre immanent* à la réalité physique, mais accessible à la raison humaine (en particulier à l'application des mathématiques). Les tenants du *réalisme* épistémologique moderne sont des rationalistes (comme c'est le cas de Max Planck et d'Einstein). Au fond, il s'agit d'une option métaphysique indémontrable, mais qui considère qu'il y a *plus* dans la réalité physique que dans l'ensemble des phénomènes et des relations observables, contrairement au positivisme qui considère que le réel se réduit à son observabilité. Enfin, le *réalisme épistémologique* considère que les théories scientifiques ont une valeur non pas seulement *descriptive*, mais aussi *explicative*. Les *réalistes* exigent donc que la science recherche, *derrière* les lois qui coordonnent les *phénomènes*

17. A. KOYRÉ, *Les étapes de la cosmologie scientifique*, p. 89.

et *derrière* les expressions mathématiques, les *causes cachées* qui permettent d'expliquer le comportement du réel tel qu'il se présente à nous dans sa phénoménalité[18].

IV. Les visées implicitement réalistes du fictionnalisme duhémien

Le titre du chapitre II de la première partie de *La théorie physique*, pose problème : *Théorie physique et classification naturelle*. Il y est question de classification naturelle et non pas artificielle, ce qui semble indiquer que Duhem admet que la classification des lois est fondée dans la nature des choses ou proche d'elle. Il ira même jusqu'à dire que « l'ordre logique » de classification est aussi « le reflet d'un ordre ontologique »[19]. On le voit ici, Duhem n'est pas seulement *phénoméniste*, il garde une attache avec un certain *réalisme* qu'Anastasios Brenner qualifie de « second ordre »[20]. Sa position vis-à-vis de la métaphysique est donc beaucoup plus complexe qu'il n'y paraît, comme on va le voir. En distinguant physique et métaphysique au chapitre I, Duhem s'est efforcé d'assurer et de rendre à la théorie physique toute son « autonomie »[21]. Dès lors, Duhem énonce sa définition célèbre de la théorie physique :

> « *Une théorie physique n'est pas une explication. C'est un système de propositions mathématiques, déduites d'un petit*

---

18. C'est ainsi que pour Émile Meyerson, l'histoire des sciences manifeste cette exigence causaliste, chosiste qui n'est pas qu'épistémologique, mais aussi *ontologique*. Ainsi déclare-t-il dans *Identité et réalité*, chap. XII, pp. 438-440 : « La science veut aussi nous faire *comprendre* la nature. [...] Elle a été bien édifiée avec la quasi-certitude que la nature est ordonnée, mais aussi avec l'espoir tenace qu'elle se montrera intelligible. [...] L'ontologie fait corps avec la science elle-même et ne peut en être séparée. [...] Il ne peut y avoir, dans l'évolution naturelle des théories scientifiques, de phase où la réalité ontologique disparaîtrait, alors que le concept de légalité resterait debout ».
19. P. DUHEM, *La théorie physique*, I, chap. II, 1, § IV, p. 35.
20. A. BRENNER, dans *Les origines françaises de la philosophie des sciences*, p. 11.
21. P. DUHEM, *La théorie physique*, I, chap. II, 1, § I, p. 23.

> *nombre de principes, qui ont pour but de représenter aussi simplement, aussi complètement et aussi exactement que possible, un ensemble de lois expérimentales* »[22].

Le concept central est ici celui de *représentation*, puisque ce système de propositions mathématiques doit *représenter* « *un ensemble de lois expérimentales* ». Il s'agit d'une représentation *non-figurative*. C'est-à-dire qu'il n'y a aucun lien de ressemblance ou d'imitation entre le *système de propositions mathématiques* et les lois expérimentales. Il peut y avoir tout au plus « correspondance » entre ces deux niveaux. C'est pour cela que Duhem insiste sur ces notions de *concordance*, d'*accord* ou de *correspondance*, c'est la vérité au *sens sémantique* :

> « Ainsi, une théorie *vraie*, ce n'est pas une théorie qui donne, des apparences physiques, une explication conforme à la réalité ; c'est une théorie qui représente d'une manière satisfaisante un ensemble de lois expérimentales ; une théorie *fausse*, ce n'est pas une tentative d'explication fondée sur des suppositions contraires à la réalité ; c'est un ensemble de propositions qui ne concordent pas avec les lois expérimentales. *L'accord avec l'expérience est, pour une théorie physique, l'unique critérium de vérité* »[23].

Cette vérité-concordance n'est pas la vérité-copie des empiristes (comme Mach), ni celle d'*adaequatio* de saint Thomas[24] inspirée d'Aristote[25] : il s'agit d'une correspondance très globale de structure à structure, lors des épreuves expérimentales et des prévisions théoriques, dans la mesure où la théorie est prédictive et non point une copie conforme du réel. Là, s'il y a un certain réalisme chez Duhem, ce doit être un *réalisme indirect*. Duhem rompt avec la conception de la vérité-

---

22. P. DUHEM, *La théorie physique*, chap. II, p. 24.
23. P. DUHEM, *La théorie physique*, chap. II, p. 26.
24. La formule de saint Thomas d'Aquin figure dans ses *Quaestiones disputatae de veritate*, 1256-1259, q. I, a 1.
25. ARISTOTE, *Métaphysique*, Δ, 29, 1024b 28, t. 1, p. 317 : « Une énonciation fausse est celle qui, en tant que fausse, exprime ce qui n'est pas » ; Θ, 10, 1051b 25, t. 2, p. 524 : « le vrai, c'est saisir et énoncer ce qu'on saisit (affirmation et énonciation n'étant pas identiques) ».

copie où la théorie est prise comme un double, une copie du réel : elle est une construction mathématisée. Duhem y insiste en précisant qu'il y a entre les *symboles mathématiques* et les *propriétés physiques* qu'ils représentent une « relation de signe à la chose signifiée »[26]. Cette relation signifiant/signifié n'est pas une relation de ressemblance, mais une convention dont le théoricien a l'initiative, en raison de l'*arbitraire* du signe. Au niveau des principes, Duhem se montre très nettement prudent en ce qui concerne leur rapport au réel :

> « [...] Les principes qu'il [le théoricien] invoque dans ses déductions ne se donnent point pour l'énoncé de relations véritables entre ces réalités ; il importe donc peu que les opérations qu'il exécute correspondent ou non à des transformations physiques réelles ou même concevables »[27].

On comprend cette prudence, sinon les théories physiques seraient des explications et non des classifications.

Toutefois, la subtilité du réalisme de Duhem et de son rapport à la métaphysique, apparaît plus clairement lorsqu'il aborde la fonction de *classification* propre à la théorie physique[28]. Classer, c'est mettre en ordre : il y a donc une *multiplicité* à ordonner (les lois expérimentales) et un principe de classification. Duhem souligne la *commodité* de la classification et aussi la beauté d'un ensemble ordonné qu'il compare à une œuvre d'art. Dans ce cas, on pourrait penser que cet ordre est *artificiel* puisqu'il est comparable à une création artistique[29].

Or, ce principe peut être soit *logique*, mais *artificiel*, ou bien *naturel*, c'est-à-dire *ontologique*. Poincaré, pour sa part, considérait que la théorie physique aboutit à une *classification artificielle* des lois expérimentales. Ce n'est pas le cas de Duhem. Le § IV se situe entre ces deux perspectives en s'intitulant : « *La théorie tend à se transformer*

---

26. P. DUHEM, *La théorie physique*, I, chap. II, 1, § I, p. 24.
27. P. DUHEM, *La théorie physique*, I, chap. II, § I, p. 25.
28. P. DUHEM, *La théorie physique*, I, chap. II, § III-IV, p. 30-36.
29. P. DUHEM, *La théorie physique*, I, chap. II, § III, p. 31.

en une classification naturelle »[30]. Pour faire comprendre sa position, Duhem commence par faire une comparaison entre le naturaliste (zoologiste) qui doit opérer des classifications naturelles et le physicien :

> « Lorsque le zoologiste affirme qu'une telle classification est naturelle, il entend que *ces liens idéaux* établis par sa raison entre des *conceptions abstraites, correspondent* à des *rapports réels entre les êtres concrets* où ces abstractions prennent corps »[31].

Ainsi, pour classer les espèces naturelles, il faut aller du plus général abstrait au plus particulier concret. Bref, il faut généraliser et abstraire. Donc, même s'il y a *correspondance* entre les *liens idéaux* et les *rapports réels*, le passage des uns aux autres ne se fait pas de façon directe et immédiate. S'il y avait ce passage direct, on aurait affaire à une *explication*, alors que l'on ne dispose que d'une *représentation*[32].

Duhem a toutes les peines à justifier cette tendance de la théorie à se transformer en classification naturelle : il parle alors de *conviction* (terme employé pour désigner une croyance plutôt qu'une connaissance certaine) :

> « L'aisance avec laquelle chaque loi expérimentale trouve sa place dans la classification créée par le physicien, la clarté éblouissante qui se répand sur cet ensemble si parfaitement ordonné, nous persuadent d'une manière invincible qu'une telle classification n'est pas purement artificielle, qu'un tel ordre ne résulte pas d'un groupement purement arbitraire imposé aux lois par un organisateur ingénieux. Sans pouvoir rendre compte de notre conviction, mais aussi sans pouvoir nous en dégager, nous voyons dans l'exacte ordonnance de ce système la marque à laquelle se reconnaît une classification naturelle ; sans prétendre expliquer la réalité qui se cache sous les phénomènes dont nous groupons les lois, nous sentons que les groupements établis par

30. P. DUHEM, *La théorie physique*, I, chap. II, § IV, p. 32.
31. P. DUHEM, *La théorie physique*, I, chap. II, § IV, p. 33. Nous soulignons.
32. P. DUHEM, *La théorie physique*, I, chap. II, § IV, p. 34.

> notre théorie correspondent à des affinités réelles entre les choses mêmes »[33].

Pour posséder une classification naturelle, il faudrait avoir été en mesure de dépasser les apparences pour atteindre l'être, et passer d'un phénoménisme à une ontologie, quitter la physique pour entrer dans la métaphysique. Ce serait pour Duhem commettre un saut mortel. Pourtant, il n'est pas si éloigné de l'ontologie, mais il reste toujours à distance de celle-ci, engagé dans un processus infini d'approximation :

> « Ainsi, la théorie physique ne nous donne jamais l'explication des lois expérimentales ; jamais elle ne nous découvre les réalités qui se cachent derrière les apparences sensibles ; mais plus elle se perfectionne, plus nous pressentons que *l'ordre logique* dans lequel elle range les lois expérimentales est le reflet d'un *ordre ontologique* ; plus nous soupçonnons que les rapports qu'elle établit entre les données de l'observation correspondent à des rapports entre les choses ; plus nous devinons qu'elle tend à être une classification naturelle »[34].

C'est donc un coup d'arrêt que donne Duhem face à l'ontologie, mais il laisse la place à un *pressentiment*, en disant que nous *soupçonnons*, nous *devinons*, nous avons une *conviction*, un *acte de foi*, bien que ce ne soit pas une preuve que l'on a découvert les « rapports réels ». Voulant écarter le dogmatisme des réalistes, partisans de la théorie-explication, Duhem veut écarter aussi l'autre extrême qu'est le scepticisme qui menace le phénoménisme. En cela, il retrouve la position de Pascal qui était lui aussi savant et croyant, en citant même son célèbre fragment :

> « Nous avons une impuissance de prouver invincible à tout le Dogmatisme ; nous avons une idée de la vérité invincible à tout le Pyrrhonisme »[35].

---

33. P. DUHEM, *La théorie physique*, I, chap. II, § IV, p. 33-34.
34. P. DUHEM, *La théorie physique*, I, chap. II, § IV, p. 35. Nous soulignons.
35. Cité par Duhem, p. 36.

La connaissance scientifique doit donc se tenir entre le dogmatisme et le scepticisme. Ainsi, il ne reste qu'une *troisième voie* : celle d'un progrès infini qui tend asymptotiquement vers la classification naturelle et vers l'ontologie. Autrement dit, il y aurait une pseudo-métaphysique qui prétendrait avoir atteint l'être intime de la réalité, avant même toute pratique véritable de la recherche scientifique ; de même qu'il y aurait une bonne ontologie, désirée, visée, mais non atteinte : elle conçue comme le but inaccessible de la connaissance scientifique. Cela s'accorde totalement avec le chapitre 1 de son livre qui avait distingué radicalement entre physique et métaphysique : la métaphysique étant soit en-deçà de la physique soit au-delà d'elle. Ce qui reste original, c'est que la quête infinie de la réalité ontologique demeure le but idéal de la théorie physique : c'est donc ce qui anime la recherche.

En outre, lorsque Duhem montre que la « *théorie tend à se transformer en une classification naturelle* », il ne veut pas dire qu'elle tend à la connaissance des choses, mais à la connaissance « des rapports entre les choses ». En ce sens, il rejoint le *relativisme* de Poincaré dans la mesure où la connaissance n'atteint pas des choses ni des êtres, mais des relations entre les phénomènes[36]. Or, la question se pose de savoir comment nous pouvons être sûrs qu'une théorie physique se rapproche de l'ordre naturel ? La réponse de Duhem est assez déconcertante :

> « sans prétendre expliquer la réalité qui se cache sous les phénomènes dont nous groupons les lois, nous *sentons* que les groupements établis par notre théorie correspondent à des affinités réelles entre les choses mêmes »[37].

---

36. H. POINCARÉ, *La valeur de la science*, 1905, IIIe partie, chap. XI, p. 181 : « La science, c'est avant tout une classification. [...] La science, en d'autres termes, est un système de relations ».
37. P. DUHEM, *La théorie physique*, I, chap. II, § IV, p. 34.

Ce sentiment peut n'être qu'un leurre, mais il peut être inspiré aussi par le fait qu'il existe une *correspondance* remarquable entre les conceptions abstraites de la théorie et les rapports réels entre les phénomènes :

> « lorsque l'expérience vient confirmer les prévisions de notre théorie, nous sentons se fortifier en nous cette conviction que les relations établies par notre raison entre des notions abstraites correspondent vraiment à des rapports entre les choses »[38].

C'est donc le processus même du *progrès de la connaissance scientifique* qui conforte la conviction duhémienne que la théorie *tend* à se transformer en une *classification naturelle*. Ce qui ne veut pas dire que les grandeurs abstraites de la théorie physique dévoilent progressivement le réel, elles permettent simplement d'appliquer les lois expérimentales de mieux en mieux à la réalité physique : elles ne sont que des instruments pour la connaissance. Sur ce point, Duhem n'a pas changé d'avis, comme le montre la dernière page de la seconde édition de *La théorie physique* (1914) où il réaffirme sa philosophie du *progrès* de la connaissance scientifique qui étend de plus en plus sa prise sur le *réel*, même si ce concept de *réel* reste assez flou chez Duhem, parce qu'étroitement lié à la métaphysique :

> « En un mot, le physicien est forcé de reconnaître qu'il serait déraisonnable de travailler au progrès de la théorie physique si cette théorie n'était le reflet, de plus en plus net et de plus en plus précis, d'une Métaphysique ; la croyance en un ordre, transcendant à la physique, est la seule raison d'être de la théorie physique »[39].

L'ouvrage, dans son édition de 1914, se termine sur la citation de Pascal déjà mentionnée plus haut[40]. Le réel est objet de croyance, de conviction, de postulat, et non pas de la connaissance objective propre aux sciences qui ne font que tendre vers lui de mieux en mieux, mais

---

38. P. DUHEM, *La théorie physique*, I, chap. II, § V, p. 38.
39. P. DUHEM, *La théorie physique*, Annexes, § IV, p. 509.
40. P. DUHEM, *La théorie physique*, I, chap. II, § IV, p. 36.

sans jamais l'atteindre. Ainsi comprend-on aussi que les commentateurs aient pu qualifier la philosophie de Duhem tantôt de réaliste, tantôt d'antiréaliste.

Bibliographie

[1] ARISTOTE, *Métaphysique* / trad. Jules TRICOT. – Réédition. – Paris : J. Vrin, 1974. – 2 vols.

[2] BRENNER (Anastasios), *Les origines françaises de la philosophie des sciences*. – Paris : Presses universitaires de France, 2003. – VIII, 224 p. – (Science, histoire et société).

[3] CLAVIUS (Christophe), *Commentaire sur la Sphère de Sacro Bosco*, 1581.

[4] DUHEM (Pierre), *La théorie physique : son objet, sa structure* / avec un avant-propos, un index et une bibliographie de Paul BROUZENG. – Paris : Librairie philosophique J. Vrin, 1981. – XI, 524 p. – (L'histoire des sciences : Textes et études).

[5] ———, *Le système du monde : histoire des doctrines cosmologiques de Platon à Copernic*. – Paris : Hermann, 1913-1917 ; 1954-1959. – 10 vols.

[6] ———, *Σῴζειν τὰ φαινόμενα : essai sur la notion de théorie physique de Platon à Galilée* / introduction de Paul BROUZENG. – Paris : Librairie philosophique J. Vrin, 1982. – IV, 143 p. – (Vrin-reprise).

[7] KOYRÉ (Alexandre), *Les étapes de la cosmologie scientifique*, dans A. KOYRÉ, *Études d'histoire de la pensée scientifique* / avant-propos de René TATON. – [Paris] : Éditions Gallimard, 1973. – pp. 87-98. – (Bibliothèque des idées).

[8] LLOYD (Geoffrey), *Saving the appearances*, in *The Classical Quarterly*, nouv. série, vol. 28, 1978, n°1, pp. 202-222.

[9] MEYERSON (Émile), *Identité et réalité*. – 5e édition. – Paris : Librairie philosophique J. Vrin, 1951. – XIX, 571 p. – (Bibliothèque d'histoire de la philosophie).

[10] PLATON, *Timée. Critias* / texte établi et traduit par Albert RIVAUD. – Paris : Les Belles lettres, 1963. – 277 p. – (Œuvres complètes ; 10).

[11] POINCARÉ (Henri), *La valeur de la science* / préface de Jules VUILLEMIN. – [Paris] : Flammarion, 1970. – 192 p.

[12] POPPER (Karl), *La logique de la découverte scientifique* / traduit de l'anglais par Nicole THYSSEN-RUTTEN et Philippe DEVAUX ; préface de Jacques MONOD. – Paris : Payot, 1973. – 480 p. – (Bibliothèque scientifique).

[13] PROCLUS, *Procli Diadochi in Platonis Timaeum Commentaria* / edidit Ernestus DIEHL. – Lipsiae : B. G. Teubner, 1903-1906. – 3 vol. – (Bibliotheca scriptorum graecorum et romanorum Teubneriana).

[14] SEXTUS EMPIRICUS, *Adversus Mathematicos*.

[15] SIMPLICIUS, *Commentarius in IV libros Aristotelis de coelo* / edidit Simon KARSTEN. – Trajecti ad Rhenum, 1865.

[16] ———, *Simplicii in Aristotelis de Caelo Commentaria* / edidit I. L. HEIBERG. – Berolini : G. Reimeri, 1894. – XVI, 780 p. – (Commentaria in Aristotelem graeca ; 7).

[17] ———, *Simplicii in Aristotelis Physicorum libros quattuor priores [-posteriores] Commentaria* / edidit Hermannus DIELS. – Berolini : typis et impensis G. Reimeri, 1882-1895. – 2 vol.

[18] THOMAS D'AQUIN (Saint), *Quaestiones disputatae de veritate*, 1256-1259.

Pierre Duhem et la revendication d'une tradition phénoménaliste

À propos de son « Essai sur la notion de théorie physique de Platon à Galilée »

Jean-François STOFFEL[1]

Département paramédical de Montignies
Haute école de Louvain-en-Hainaut

Résumé. — Selon notre interprétation, *Σῴζειν τὰ φαινόμενα : Essai sur la notion de théorie physique* poursuit deux objectifs intimement imbriqués. À titre principal, établir la pertinence historique du phénoménalisme duhémien, dont l'exactitude philosophique a déjà été précédemment établie dans *La théorie physique*, grâce, d'une part, à son insertion dans une tradition millénaire et, d'autre part, à l'examen des conséquences, positives ou négatives, qui ont résulté, au cours du temps, des différentes façons de concevoir la notion de théorie physique. À titre secondaire, proposer une nouvelle interprétation de la raison d'être de l'affaire Galilée sur une base tout à la fois philosophique (celle de l'épistémologie duhémienne telle qu'elle a été antérieurement développée dans *La théorie physique*) et historique (celle des leçons qui résultent, dans *Σῴζειν τὰ φαινόμενα*, de la considération de l'histoire). Cet article s'attache à établir l'existence du premier objectif en examinant, dans un premier temps, s'il a bel et bien été recherché par Duhem et, dans un second temps, s'il a été, selon lui, atteint.

1. Courriel : jfstoffel@skynet.be

STOFFEL (Jean-François), *Pierre Duhem et la revendication d'une tradition phénoménaliste : à propos de son « Essai sur la notion de théorie physique de Platon à Galilée »*, dans *Pierre Duhem, cent ans plus tard (1916-2016) : actes de la journée d'étude internationale tenue à Tunis le 10 mars 2016, suivis de l'édition française de l'« Histoire de la physique » (1911) de Pierre Duhem* / édités par Jean-François STOFFEL avec la collaboration de Souad BEN ALI. – Tunis : Université de Tunis, 2017. – pp. 221-268.

Abstract. — According to our interpretation, *Σῴζειν τὰ φαινόμενα : Essai sur la notion de théorie physique* pursues two intricately intertwined objectives. Primarily, it aims to establish the historical significance of Duhemian phenomenalism — the accuracy of which had previously been established in *La Théorie Physique : son Objet et sa Structure* — firstly, by positioning it within a millenary tradition and, secondly, by examining the consequences, both positive and negative, that subsequently arose from the various ways of comprehending the idea of physical theory. Secondarily, it proffers a novel interpretation of the rationale behind the Galileo affair, from a point of view which is both philosophical (that of the Duhemian epistemology as it had already been developed in *The Aim and Structure of Physical Theory*) and historical (that of the lessons resulting from historical considerations in *To Save the Phenomena*). This article is dedicated to establishing the existence of the first goal by examining, firstly, whether or not it had actually been sought out by Duhem himself, and, secondly, whether or not he believed he had achieved it.

Introduction

Publié en 5 livraisons mensuelles, de mai à septembre 1908, dans les *Annales de philosophie chrétienne* et immédiatement réédité sous forme de livre chez A. Hermann et fils, *Σῴζειν τὰ φαινόμενα : essai sur la notion de théorie physique de Platon à Galilée* est une petite monographie de 140 pages qu'Henri Bosmans présente à ses lecteurs comme claire et concise tout en étant substantielle, c'est-à-dire comme étant pourvue de « toutes les qualités que l'on demande à un précis »[2]. Il les invite même, « avec insistance », à prendre ce précis comme « fil conducteur » lorsqu'ils s'engageront, « pour la première fois », dans la lecture du *Système du monde* qui, lui au contraire, s'apparente à un véritable « labyrinthe »[3].

Ce petit précis, qui semblait donc posséder toutes les qualités requises pour séduire ses lecteurs et qui paraissait devoir se réduire à n'être que le fil d'Ariane du *Système du monde*, est cependant devenu

2. H. BOSMANS, *Pierre Duhem (1861-1916)*, p. 428.
3. H. BOSMANS, *Pierre Duhem (1861-1916)*, p. 433.

l'ouvrage le plus contesté et le plus décrié de Pierre Duhem[4]. Ce triste privilège, *Σῴζειν τὰ φαινόμενα* le doit à chacun des deux objectifs, intimement imbriqués, que nous entendons lui attribuer : premièrement et prioritairement, établir la pertinence historique du phénoménalisme, dont l'exactitude philosophique a déjà été précédemment établie dans *La théorie physique*, grâce, d'une part, à son insertion dans une tradition millénaire et, d'autre part, à l'examen des conséquences, positives ou négatives, qui ont résulté, au cours du temps, des différentes façons de concevoir la notion de théorie physique ; deuxièmement et accessoirement, proposer une nouvelle interprétation de la raison d'être de l'affaire Galilée sur une base tout à la fois philosophique (celle de l'épistémologie duhémienne telle qu'elle a été antérieurement développée dans *La théorie physique*) et historique (celle des leçons qui résultent, dans *Σῴζειν τὰ φαινόμενα*, de la considération de l'histoire).

Alors que *Σῴζειν τὰ φαινόμενα* n'a pas immédiatement été perçu comme problématique, du moins si l'on en juge par les recensions et publications qui lui furent aussitôt consacrées[5], il est indiscutable que chacun de ces deux objectifs a finalement prêté le flanc à des critiques plus ou moins vigoureuses. Le premier (l'insertion du phénoménalisme duhémien dans une tradition millénaire apte à le justifier) a d'abord été critiqué au niveau du *contenu* de son argumentation — la justesse de son interprétation de la formule platonicienne et de sa lecture des textes anciens[6] ; la légitimité de son application anachronique et rétroactive de l'épistémologie qui est la sienne et, en particulier, du principe de

4. R. N. D. Martin reconnaît que *Σῴζειν τὰ φαινόμενα* est « perhaps the most controversial of all Duhem's works » (R. N. D. MARTIN, *Pierre Duhem*, p. 163).
5. La première publication qui opère simultanément un exposé détaillé de la thèse duhémienne et une critique sévère, notamment méthodologique, de celle-ci semble être, en 1927, A. DARBON, *L'histoire des sciences dans l'œuvre de P. Duhem*, pp. 536-548.
6. Cf., par exemple, G. E. R. LLOYD, *Saving the appearances* ; K. R. POPPER, *Conjectures et réfutations*, p. 153, note 7.

l'équivalence des hypothèses[7] ; la pertinence de son rattachement de tel ou tel savant à l'un ou à l'autre des deux camps en présence[8] ; la capacité de la tradition phénoménaliste invoquée à établir la pertinence du phénoménalisme duhémien[9] ; la possibilité d'étendre à la physique proprement dite des propos tenus à l'égard de la seule astronomie[10], etc. —, avant de l'être, plus fondamentalement encore, au niveau de son *existence* même, puisque certains commentateurs ont été jusqu'à nier que tel fut l'un des objectifs réellement poursuivis par Duhem dans cet écrit. Quant au second objectif (les conséquences, pour la compréhension de l'affaire Galilée, des recherches duhémiennes menées sur le terrain de l'épistémologie et de l'histoire), il a fait l'objet de critiques féroces[11] et parfois d'autant plus virulentes que l'interprétation duhémienne qui en a résulté paraît avoir reçu, sous le pontificat de Jean-Paul II et par l'entremise du cardinal Paul Poupard[12], l'aval officieux du Vatican[13].

---

7. Cf., par exemple, G. GUSDORF, *De l'histoire des sciences à l'histoire de la pensée*, pp. 263-264 ; M. CLAVELIN, *Galilée et le refus de l'équivalence des hypothèses* ; J. MERLEAU-PONTY, *Leçons sur la genèse des théories physiques*, p. 71, note 2 ; G. DE SANTILLANA, *Le procès de Galilée*, pp. 127-128.
8. Pour Copernic, cf., par exemple, A. GODDU, *The realism that Duhem rejected in Copernicus* qui dément le type de réalisme que lui attribue Duhem. Pour Galilée, cf., par exemple, M. A. FINOCCHIARO, *To save the phenomena*, repris et modifié en tant que chapitre 11 de M. A. FINOCCHIARO, *Defending Copernicus and Galileo*, qui, en guise d'introduction, dresse, d'une part, une bonne synthèse du consensus négatif à l'égard de l'histoire duhémienne de « sauver les phénomènes » et, d'autre part, de l'absence de consensus, parmi les spécialistes, en ce qui concerne les objectifs du livre.
9. Cf., par exemple, N. JARDINE, *Scepticism in Renaissance astronomy* ; A. MUSGRAVE, *The myth of astronomical instrumentalism*.
10. Cf., par exemple, H. C. KUHN, *Venetischer Aristotelismus im Ende der aristotelischen Welt*, pp. 425-439.
11. Cf., par exemple, G. GUSDORF, *De l'histoire des sciences à l'histoire de la pensée*, pp. 261-263.
12. Cf. P. POUPARD, *Compte rendu des travaux de la commission pontificale d'études de la controverse ptoléméo-copernicienne aux XVIe-XVIIe siècles*.
13. Cf. A. FANTOLI, *Galileo e la chiesa cattolica*, p. 746, note 17 ; M.-P. LERNER, *L'« hérésie héliocentrique »*, p. 84, note 44 ; ainsi que W. BRANDMÜLLER,

Que ce soit en raison de son premier objectif, du second, ou des deux à la fois, c'est donc, au final, l'ouvrage dans son ensemble qui se trouve, presqu'unanimement, durement condamné et qui embarrasse jusqu'au biographe le plus admiratif de Duhem[14]. En témoigne le propos sévère que porte à son égard Roberto Maiocchi, l'un des meilleurs commentateurs de l'œuvre duhémienne, puisqu'il y voit, en 1985, l'« un des textes les plus célèbres et *scandaleux* de ses écrits »[15], avant de répéter ce propos en 1993[16]. En témoigne également — sans doute de manière indépendante — Alain Boyer qui, dans un compte rendu paru en 1991 et consacré notamment à la réédition de *Σῴζειν τὰ φαινόμενα*, utilise exactement le même adjectif pour désigner les conclusions de l'ouvrage, après avoir signalé que l'ouvrage lui-même est « un merveilleux petit livre, où la science, la clarté [et] l'intelligence de l'auteur sont partout manifestes »[17].

Face à cette situation déconcertante d'un écrit capable de susciter des réactions si vives et si diamétralement opposées — depuis les condamnations les plus expéditives jusqu'à une officieuse approbation vaticane — et à propos duquel même les interprétations des spécialistes divergent radicalement, il nous a semblé utile, dans la lignée d'une étude antérieure[18], de reprendre le dossier à nouveaux frais. Nous le ferons en consacrant cet article au premier objectif énoncé en attendant de pouvoir, ultérieurement, analyser le second. Sans aborder la question, particulièrement délicate, de la justesse des thèses duhémiennes

Galilei und die Kirche, oder, das Recht auf Irrtum, p. 150, qui est souvent considéré comme exprimant la position officielle de l'Église.

14. « Ce livre », écrit Jaki, « nous montre jusqu'à quel point un logicien fervent comme Duhem peut être victime de perspectives qu'il a lui-même choisies » (St. L. JAKI, *Duhem Pierre (1861-1916)*, p. 2377).
15. R. MAIOCCHI, *Chimica e filosofia…*, p. 268. Nous traduisons et nous soulignons.
16. Cf. R. MAIOCCHI, *Recenti studi su Pierre Duhem*, p. 149. Cette fois, l'auteur ajoute des guillemets autour de *scandaloso*.
17. A. BOYER, *Compte rendu de A. Brenner : « Duhem : science, réalité et apparence » (1990) et de P. Duhem : « Σῴζειν τὰ φαινόμενα » (1990)*, p. 107.
18. Cf. J.-Fr. STOFFEL, *Pierre Duhem interprète de l'« Affaire Galilée »*.

avancées, nous chercherons à les comprendre et à faire ressortir leur cohérence en les réinsérant dans le système de pensée qui les a vus éclore. En nous efforçant ainsi de réintégrer *Σῴζειν τὰ φαινόμενα* dans l'économie d'une œuvre et d'une pensée — ce qui nous semble être le premier des devoirs d'un commentateur —, nous n'aurons assurément pas dissipé les soupçons et les objections que ce livre ne cesse de susciter, mais nous aurons du moins contribué à lui restituer la place que son auteur entendait lui attribuer au sein de son œuvre.

I. Un objectif recherché ?

Selon la conception traditionnelle[19], le principal objectif que Duhem s'est proposé dans son *Σῴζειν τὰ φαινόμενα* consiste à tester ses conceptions épistémologiques en les soumettant au contrôle de l'histoire et à obtenir leur validation suite à leur insertion dans une véritable tradition historique. Face aux remises en question récentes de l'existence d'un tel objectif — celle de R. Maiocchi (1985), que nous analyserons en détail, et celle de R. N. D. Martin (1991), que nous n'approfondirons pas ici[20] —, nous nous proposons de maintenir que tel fut bien l'objectif premier de Duhem, à condition toutefois de préciser sa formulation. Nous le ferons en montrant, d'une part, que cet objectif s'intègre parfaitement, en amont comme en aval, dans l'intégralité de l'œuvre du savant bordelais et, d'autre part, qu'un tel objectif restait, à l'époque où Duhem rédigea son ouvrage, une nécessité, aussi bien pour lui-même que pour ses contradicteurs.

---

19. Cette conception est, par exemple, plus ou moins bien exprimée par : H. BOSMANS, *Pierre Duhem (1861-1916)*, p. 447 ; A. DARBON, *L'histoire des sciences dans l'œuvre de P. Duhem*, pp. 502-503 ; M. PÉCHEUX – M. FICHANT, *Sur l'histoire des sciences*, pp. 77-78. Remarquons qu'A. Brenner est, avec nous, le seul commentateur duhémien qui endosse cette conception traditionnelle (cf. A. BRENNER, *Duhem : science, réalité et apparence*, p. 173).
20. En attendant de revenir sur son interprétation de manière plus approfondie, nous renvoyons à J.-Fr. STOFFEL, *Le phénoménalisme problématique de Pierre Duhem*, pp. 235-240.

1. En amont

En amont, rappelons brièvement[21] la situation problématique — et qui demande une réponse plus aboutie que celle qui avait été jusque-là avancée — dans laquelle se trouve Duhem vers la fin de l'année 1907 et au début de l'année 1908[22], soit au moment d'entamer la rédaction de son *Σῴζειν τὰ φαινόμενα*.

A. « Quelques réflexions au sujet des théories physiques »

Dans *Quelques réflexions au sujet des théories physiques* (1892), Duhem se trouve dans une situation d'autant plus délicate qu'il est confronté à l'existence d'une véritable tradition réaliste, ayant remporté de beaux succès scientifiques, à laquelle il ne peut opposer la moindre tradition phénoménaliste[23]. Désireux de démontrer à ses lecteurs qu'il n'est pas, pour autant, le seul à professer les idées qui sont les siennes, notre auteur ne parvient qu'à aligner deux noms : ceux de Nicolas Copernic et d'Henri Poincaré[24]. Aussi se trouve-t-il obligé d'inventer,

---

21. Nous avons déjà étudié en détail, en 2001, la situation de Duhem en amont de son *Σῴζειν τὰ φαινόμενα* (cf. J.-Fr. STOFFEL, *Pierre Duhem interprète de l'« affaire Galilée »*). Il nous suffira donc, dans cette section, de synthétiser et de mettre à jour cette étude préliminaire. Concernant la contribution déterminante de Paul Mansion durant toute cette période, cf. J.-Fr. STOFFEL, *L'interprétation de l'« affaire Galilée » élaborée par P. Mansion a-t-elle influencé P. Duhem ?*
22. Il est difficile d'être plus précis. À supposer que les indications bibliographiques renseignées par les revues soient chronologiquement exactes — ce qui est rarement le cas —, les cinq livraisons de *Σῴζειν τὰ φαινόμενα* se sont échelonnées entre mai et septembre 1908, ce qui donne le premier tiers de l'année 1908 comme *terminus ante quem*. Il est en tout cas certain que la monographie qui en a résulté a paru en décembre 1908 (sa présentation, à l'Académie des sciences, date du 28 décembre 1908 et le premier remerciement, qui nous soit connu, consécutif à l'envoi gracieux de l'ouvrage est daté du 4 janvier 1909). En revanche, nous n'avons aucune indication qui puisse nous permettre de fixer un *terminus post quem*.
23. Par souci de brièveté, nous désignerons les deux attitudes en présence par les termes « réalisme » et « phénoménalisme » tels que nous les avons définis dans J.-Fr. STOFFEL, *Le phénoménalisme problématique de Pierre Duhem*, pp. 23-27.
24. Cf. P. DUHEM, *Quelques réflexions au sujet des théories physiques*, p. 146 et p. 165.

vaille que vaille, une explication qui puisse rendre compte de l'existence de cette tradition réaliste, de la raison de ses succès indéniables, et, à l'inverse, de la pénurie qui touche les représentants du phénoménalisme[25].

B. « Une nouvelle théorie du monde inorganique »

Un an plus tard (1893), dans *Une nouvelle théorie du monde inorganique*, Duhem trouve l'occasion d'améliorer quelque peu sa situation en établissant que sa doctrine, adoptée par Copernic et préconisée par Poincaré, peut également s'autoriser de savants aussi réputés que Blaise Pascal et Isaac Newton[26]. Mais aussitôt Eugène Vicaire révoque le patronage de Copernic, auquel notre auteur avait cru pouvoir faire appel, en rappelant, d'une part, que le texte invoqué (à savoir l'*Ad lectorem* du *De Revolutionibus*) n'a pas été rédigé par l'astronome polonais, mais bien par Andreas Osiander, et, d'autre part, qu'il n'est pas conforme à la pensée intime de Copernic lui-même. Aussi, Vicaire peut-il conclure que, « pour la thèse générale », le célèbre astronome « est des nôtres »[27], c'est-à-dire qu'il convient de le ranger dans le camp des réalistes et non, comme l'avait fait Duhem, dans celui des phénoménalistes. Outre cette mise au point historique qui, une quinzaine d'années plus tard[28], allait définitivement faire perdre à Duhem l'un de ses devanciers les plus réputés, Vicaire soutient que la recherche des causes a toujours constitué le véritable moteur de l'histoire des sciences et que rien, en revanche, n'a jamais été produit en suivant

25. Cf. P. DUHEM, *Quelques réflexions au sujet des théories physiques*, pp. 162-165.
26. Cf. P. DUHEM, *Une nouvelle théorie du monde inorganique*, pp. 116-117 et p. 122.
27. E. VICAIRE, *De la valeur objective des hypothèses physiques*, p. 501.
28. Prenant progressivement ses distances par rapport à la thèse de P. Mansion selon laquelle Copernic lui-même est phénoménaliste, ce n'est qu'en 1908, dans son *Σῴζειν τὰ φαινόμενα*, que Duhem lui attribue sans réserve une attitude réaliste en reconnaissant, à la suite de Giordano Bruno, l'existence d'une contradiction entre la préface d'Osiander et la lettre de Copernic au pape (cf. P. DUHEM, *Σῴζειν τὰ φαινόμενα*, p. 73 et p. 119). À cette époque, Mansion campait toujours sur ses positions.

la méthode préconisée par notre jeune physicien. Comme Georges Lechalas vient s'associer à la critique de Vicaire en contestant, lui aussi[29], le patronage de Copernic toujours défendu par Mansion[30] et encore accepté par Duhem, la question de l'ancrage historique du réalisme et du phénoménalisme cesse d'être marginale pour devenir un des enjeux du débat. Heureusement, en transmettant à Duhem la version remaniée[31] de la communication qu'il avait présentée, en 1891, au Congrès scientifique international des catholiques, Mansion livre à notre auteur une information capitale et insoupçonnée : bien avant Pascal, Newton et Poincaré, bien avant même Copernic, l'Antiquité et le moyen âge ont déjà connu une authentique tradition phénoménaliste, notamment incarnée par des penseurs aussi prestigieux que Posidonius et Thomas d'Aquin. Face à la tradition des réalistes, il est donc désormais possible d'aligner une véritable et même vénérable tradition phénoménaliste, pour peu que l'on prenne l'astronomie comme modèle de théorie physique et que l'on différencie, au sein de celle-ci, l'astronomie mathématique, qui se contente de « sauver les phénomènes » — elle incarnera, par conséquent, la tradition phénoménaliste — de l'astronomie physique, qui, elle, prétend décrire l'exacte constitution du monde — elle symbolisera, de ce fait, la tradition réaliste. Muni de cette tradition phénoménaliste, il « suffira » alors d'étendre à la physique entière ce que les Anciens ont dit de l'astronomie mathématique.

C. « Physique et métaphysique »

Fort de cette révélation inespérée, Duhem peut enfin, dans *Physique et métaphysique* (1893), faire jeu égal avec ses adversaires : au lieu de continuer à recourir, de manière somme toute marginale, à l'argument d'autorité en faisant état de quelques noms de savants célèbres ayant plus ou moins partagé son point de vue, il peut dorénavant, lui aussi,

---

29. Cf. G. LECHALAS, *Quelques réflexions soumises à M. Vicaire,* pp. 280-282.
30. Cf. P. MANSION, *Note sur le caractère géométrique de l'ancienne astronomie,* pp. 284-287.
31. Cf. P. MANSION, *Copernic.*

se prévaloir de l'existence d'une véritable tradition phénoménaliste que sa doctrine ne fait que poursuivre. Profitant immédiatement d'une aussi belle opportunité, notre jeune professeur consacre une section entière de son article à « la thèse précédente au point de vue de la *tradition* »[32]. Même s'il reste encore très tributaire de la base documentaire fournie par Mansion et s'il continue à hésiter sur le classement de plusieurs savants dans l'un ou l'autre camp, notre auteur évolue enfin au sein d'un combat qui est devenu plus égal dès lors que chaque camp s'est trouvé « sa » tradition. Mais cette fois, c'est le recours au patronage de saint Thomas d'Aquin qui a le don d'exaspérer le néo-thomiste Edmond Domet de Vorges : « si M. Duhem veut à tout prix trouver des antécédents à sa doctrine », écrit-il, « il pourra les trouver chez les néo-criticistes et les positivistes, mais nullement dans la philosophie traditionnelle »[33].

D. « La théorie physique »

Près de dix ans plus tard, la reprise de *Physique et métaphysique* dans *La théorie physique* (1906) donne lieu à toute une série de modifications ponctuelles dont les plus importantes sont l'ajout d'un second passage de l'Aquinate (renseigné par Mansion dès 1893[34]) et une attitude plus prudente quant à l'appartenance de Copernic lui-même à la tradition phénoménaliste[35]. Bien que notre savant bordelais ait, depuis *Physique et métaphysique*, entamé de véritables recherches historiques avec *Les origines de la statique* (1903), cette section de *La théorie physique*, composée en regroupant des citations déjà données dans des publications antérieures, ne présente guère de nouveautés. Son originalité, en la matière, ne réside pas dans cette esquisse, certes mise à jour,

---

32. Cf. P. DUHEM, *Physique et métaphysique*, pp. 71-83. Nous soulignons.
33. Ed. DOMET DE VORGES, *Les hypothèses physiques sont-elles des explications métaphysiques ?*, p. 151.
34. Cf. la lettre de P. Mansion à P. Duhem du 28/08/1893. Sauf mention contraire, toutes les archives proviennent du Fonds Duhem conservé au sein du Service des archives et du patrimoine de l'Académie des sciences de l'Institut de France.
35. Cf. P. DUHEM, *La théorie physique*, pp. 62-63.

de l'histoire de la tradition phénoménaliste, mais bien dans l'explication avancée pour contrer la soi-disant fécondité historique des théories réalistes : en ces théories, précise Duhem[36], il convient de bien distinguer la partie explicative (c.-à-d. réaliste) de la partie représentative (c.-à-d. phénoménaliste) ; on s'aperçoit alors que la première, loin de pouvoir expliquer la fécondité observée, n'est qu'un parasite destiné à bientôt disparaître quand la seconde, seule, est appelée à être conservée.

Au terme de *La théorie physique*, Duhem, qui demeure toujours à la traîne de Mansion, n'a donc pas encore établi, sur une base historique suffisamment solide, ni l'existence d'une véritable tradition phénoménaliste, ni la nocivité foncière de l'attitude réaliste, ni l'opportunité de la posture phénoménaliste.

E. « Σῴζειν τὰ φαινόμενα »

Établir sur une assise historique solide ces faits qui plaident en faveur du phénoménalisme duhémien sera le programme que *Σῴζειν τὰ φαινόμενα* tentera de réaliser. Aussi, ni les contemporains de Duhem ni ses commentateurs[37] ne se trompent lorsqu'ils s'attachent à souligner la continuité et même la complémentarité qui existent entre l'analyse logique opérée dans *La théorie physique* et la confirmation historique que cherche à en donner l'*Essai sur la notion de théorie physique*.

En effet, lorsqu'Ambroise Gardeil accuse réception de *Σῴζειν τὰ φαινόμενα* en faisant remarquer que celui-ci « complète si heureusement votre ouvrage dogmatique sur le même sujet »[38], à savoir *La théorie physique* ; lorsque Paul Mansion, après avoir lu « d'une traite » le même ouvrage, s'écrie : « *maintenant la bataille est gagnée* : tous ceux

36. Cf. P. DUHEM, *La théorie physique*, pp. 46-48.
37. Cf., par exemple, l'introduction de P. BROUZENG à P. DUHEM, *Σῴζειν τὰ φαινόμενα* (1990), p. II.
38. Lettre de A. Gardeil à P. Duhem, s. d.

qui vous liront sauront enfin ce que c'est que la théorie physique »[39] — ce qui est un autre manière d'insérer cet ouvrage dans la continuité de *La théorie physique* et même d'en faire l'étape décisive dans le combat phénoménaliste qui l'unit, depuis plus de 15 ans, à son correspondant — ; lorsque le même Mansion poursuit en écrivant : « On pourra *aussi* faire une histoire définitive du procès de Galilée »[40] — ce qui revient à présenter cet objectif comme secondaire par rapport à celui qui vient de susciter sa joie —, l'un et l'autre confirment la continuité que nous entendons maintenir entre *La théorie physique* et *Σῴζειν τὰ φαινόμενα*. Plus encore, cette continuité, Duhem l'affirme lui-même explicitement dans la seconde édition de *La théorie physique* (1914) lorsqu'il renvoie vers son *Σῴζειν τὰ φαινόμενα* et vers les endroits de son *Système du monde* où ce volume se trouve intégré[41] comme à deux *développements* ultérieurs de son propos[42].

2. En aval

Si *Σῴζειν τὰ φαινόμενα* résulte donc, en amont, tout à la fois d'un désir personnel — la volonté, dictée par des valeurs familiales[43] et une philosophie de l'histoire continuiste, d'insérer sa doctrine dans une tradition — et d'une contrainte — la nécessité, infligée par la tournure du débat, d'établir que les partisans du réalisme ne sont pas les seuls à

39. Carte de P. Mansion à P. Duhem du 22/01/1909.
40. Carte de P. Mansion à P. Duhem du 22/01/1909.
41. Les passages du *Système du monde* visés sont les chap. 10 : « Physiciens et astronomes : les Hellènes » et 11 : « Physiciens et astronomes : les Sémites » (P. DUHEM, *Le système du monde,* tome 2, respectivement pp. 59-116 et pp. 117-179).
42. Outre l'ajout, bien connu, de deux articles (en l'occurrence *Physique de croyant* et *La valeur de la théorie physique*), la seconde édition de *La théorie physique* diffère de la première par l'ajout de cette seule et unique note : « Depuis la première édition de cet ouvrage, nous avons à deux reprises, développé les indications qui suivent. En premier lieu, dans une série d'articles intitulés : *Σῴζειν τὰ φαινόμενα* […]. En second lieu, dans notre ouvrage intitulé : *Le Système du Monde* […] » (P. DUHEM, *La théorie physique* (1989), p. 54, note 2).
43. Cf. H. PIERRE-DUHEM, *Un savant français*, p. 4.

pouvoir se prévaloir d’une tradition — ; si la rédaction de *Σῴζειν τὰ φαινόμενα* s’impose d’autant plus que ce désir et que cette contrainte n’ont pas encore reçu — ni aux yeux de Duhem ni à ceux de ses contradicteurs — une réponse à la hauteur de l’importance de la question débattue, il nous faut maintenant établir que cet ouvrage s’intègre tout autant, en aval cette fois, dans l’œuvre duhémienne ultérieure.

À défaut de pouvoir étudier en détail les modalités de l’intégration, déjà signalée, de *Σῴζειν τὰ φαινόμενα* dans le monumental *Système du monde* — étude qui serait pourtant bien nécessaire étant donné que, selon Brenner, Duhem introduit, à cette occasion, « des corrections bienvenues et des documents nouveaux »[44] —, nous nous contenterons de faire remarquer que la thématique qui est au cœur de l’*Essai sur la notion de théorie physique*, loin d’être ultérieurement délaissée, se retrouve (et continue même à être travaillée !) dans cette somme duhémienne dont elle constitue d’ailleurs, toujours selon Brenner, l’une des cinq thématiques principales[45]. Entre ces deux extrêmes que sont l’édition originelle de *Σῴζειν τὰ φαινόμενα* et sa reprise dans *Le Système du monde*, nous limiterons notre enquête à deux textes : l’un totalement inutilisé ; l’autre généralement occulté par ceux qui contestent la réalité de l’objectif que nous entendons maintenir.

A. « Galilei und sein Kampf »

Le premier texte qui retiendra notre attention a totalement échappé, jusqu’ici, non seulement à tous les commentateurs de l’œuvre duhémienne, mais également à tous ses bibliographes : il s’agit d’une recension, publiée en 1911, consacrée au premier volume de *Galilei und sein Kampf für die copernicanische Lehre* du célèbre chimiste et historien des sciences Emil Wohlwill. Il présente l’intérêt de nous montrer comment Duhem s’est attaché à articuler le phénoménalisme conçu comme stratégie défensive et comme posture épistémologique.

---

44. A. BRENNER, *Introduction*, dans P. DUHEM, *L’aube du savoir*, p. XLVI.
45. Cf. A. BRENNER, *Introduction*, dans P. DUHEM, *L’aube du savoir*, pp. XLIII-L.

Dans cette recension, Duhem dénonce la sévérité avec laquelle Wohlwill juge l'*Ad lectorem* d'Osiander : alors que celui-ci n'est, pour l'historien allemand, qu'une précaution ; pour le savant bordelais, tout en étant assurément cela, il est aussi et surtout — du moins lorsqu'on le considère en lui-même et donc indépendamment de ses conditions de production — « bien autre chose », à savoir « une déclaration très nette et très précise de ce qu'est la véritable portée de la théorie physique »[46]. Or, ce qui autorise le savant bordelais à voir dans cette préface comme un « manifeste anticipé », et même « prophétique », des doctrines des Ernst Mach, des Macquorn Rankine et des Carl Neumann, c'est précisément son *Σῴζειν τὰ φαινόμενα* dans la mesure où celui-ci lui a déjà permis d'établir « que la doctrine [exprimée dans cette préface] a été lentement élaborée par une tradition, ininterrompue depuis le temps de la Science Hellène, et soigneusement maintenue par toute la Scolastique »[47].

Rendons plus explicite ce raisonnement duhémien qui présente donc l'intérêt de faire ressortir toute l'utilité que notre auteur retire de son *Σῴζειν τὰ φαινόμενα*. L'*Ad lectorem* d'Osiander, soutient-il, n'est pas seulement un excellent manifeste de stratégie, en l'occurrence de prudence et d'une prudence destinée à faciliter la réception d'une théorie révolutionnaire — ce à quoi certains se plaisent à le réduire, en allant même jusqu'à imaginer que la posture phénoménaliste qu'il affiche est seulement feinte et nullement sincère[48] —, mais dans la mesure où il s'inscrit dans une tradition millénaire révélée par *Σῴζειν τὰ φαινόμενα*, il échappe à ce contexte particulier pour être plus que cela et devenir avant tout l'expression d'une posture épistémologique

---

46. P. DUHEM, *Compte rendu de Emil Wohlwill…*, p. 3.
47. P. DUHEM, *Compte rendu de Emil Wohlwill…*, p. 3. Le texte imprimé porte une lecture manifestement fautive, à savoir « interrompue ».
48. Kepler pensait qu'Osiander avait artificiellement enfilé une attitude phénoménaliste, qui ne correspondait pas à ses convictions intimes, à seule fin d'atténuer le scandale que risquerait de susciter la publication du *De Revolutionibus* (cf. M.-P. LERNER et A.-Ph. SEGONDS, *Sur un « avertissement » célèbre*, pp. 139-140).

développée *in tempore non suspecto* et qui continue, d'ailleurs, à se développer de nos jours ! C'est donc grâce à sa capacité d'insérer la préface d'Osiander dans la tradition mise au jour par *Σῴζειν τὰ φαινόμενα* que Duhem peut soutenir le propos selon lequel l'efficacité historique de la stratégie défensive mise en place par Osiander ne doit pas faire oublier — comme c'est le cas chez Wohlwill — qu'un tel texte, au-delà de cette fonction contextuelle, possède aussi et surtout une éminente portée épistémologique.

B. « Notice sur les titres et travaux scientifiques »

Il n'est pas de publication duhémienne où la fonction et l'importance de *Σῴζειν τὰ φαινόμενα* trouvent à s'exprimer plus explicitement et plus significativement que dans la *Notice sur les titres et travaux scientifiques* que Duhem rédigea, en 1913, dans le cadre de sa candidature à l'Académie des sciences en tant que membre non résident[49]. En effet, de manière on ne peut plus significative, la partie de cet écrit dans laquelle notre auteur expose ses « Recherches sur l'histoire des théories physiques » *débute* par le compte rendu des acquis de son *Σῴζειν τὰ φαινόμενα* — qui est d'ailleurs le premier travail cité — et *se clôt*, dans son avant-dernière ligne, par le rappel de cette célèbre formule platonicienne[50]. Mieux encore, ce texte manifeste parfaitement l'enchaînement du raisonnement duhémien : 1°) la volonté de contrôler son épistémologie en la confrontant avec les enseignements de l'histoire ; 2°) le constat, résultant de cette confrontation, que la plupart des penseurs, deux mille ans durant, s'est rallié à cette épistémologie ; et enfin 3°) la confirmation, tirée de ce constat, que l'Énergétique, en adoptant cette épistémologie, a fait le bon choix, dans la mesure où elle peut se réclamer « de la tradition la plus ancienne, la plus

49. Pour le contexte de cet écrit, cf. J.-Fr. STOFFEL, *Le phénoménalisme problématique de Pierre Duhem*, pp. 41-43.
50. Cf. P. DUHEM, *Notice sur les titres et travaux scientifiques…*, respectivement p. 120 et p. 125.

continue et la plus noble » qui soit. Il n'est donc pas inutile de citer, presque intégralement, ce texte :

> « Toute pensée abstraite a besoin du contrôle des faits ; toute théorie scientifique appelle la comparaison avec l'expérience ; nos considérations de Logique sur la méthode propre à la Physique ne peuvent être sainement jugées si on ne les confronte avec les enseignements de l'Histoire. C'est à recueillir ces enseignements qu'il nous faut maintenant [nous] appliquer. […]
>
> Touchant la nature et la valeur de la théorie astronomique, le génie hellène, admirablement souple, pénétrant et varié, a conçu, peut-on dire, tous les systèmes que notre temps a vu refleurir. Mais parmi ces systèmes, il en est un qui rallie les suffrages des plus profonds penseurs. Il se résume en ce principe : […] σῴζειν τὰ φαινόμενα. Et ce principe traverse le Moyen-Âge arabe, juif, chrétien, se répète au temps de la Renaissance, expliqué, précisé ou contesté, jusqu'au jour où André Osiander le formule […] dans la préface qu'il met en tête du livre de Copernic […]. Pendant deux mille ans, donc, la plupart de ceux qui avaient réfléchi sur la nature et la valeur de la théorie mathématique employée par les physiciens s'étaient accordés à proclamer cet axiome que l'Énergétique devait reprendre à son compte : Les postulats de la théorie physique ne se donnent pas pour affirmations de certaines réalités suprasensibles ; ce sont des règles générales qui auront excellemment joué leur rôle si les conséquences particulières qui s'en déduisent s'accordent avec les phénomènes observés.
>
> La méthode suivie par l'Énergétique n'est pas une innovation : elle se peut réclamer de la tradition la plus ancienne, la plus continue et la plus noble »[51].

Le contrôle « expérimental » de la justesse de l'axiome repris à son compte par l'énergétique, opéré par la confrontation avec les enseignements de l'histoire, s'opère donc dans *Σῴζειν τὰ φαινόμενα* et s'avère concluant dès lors que cet axiome peut se « réclamer de la tradition la plus ancienne, la plus continue et la plus noble » qui soit.

51. Cf. P. DUHEM, *Notice sur les titres et travaux scientifiques…*, pp. 115-116.

Toutefois, pourrait-on objecter, pourquoi suffit-il d'insérer « la méthode suivie par l'Énergétique » dans une telle tradition pour qu'elle s'en trouve automatiquement validée ? Duhem nous donne un élément de réponse dans la dernière phrase de sa *Notice* :

> « Ainsi l'histoire du développement de la Physique est venue confirmer ce que nous avait enseigné l'analyse logique des procédés employés par cette science ; de l'une comme de l'autre, nous avons reçu un regain de confiance en la fécondité future de la méthode énergétique »[52].

Si l'analyse historique est donc apte à venir confirmer l'analyse logique, c'est parce que la fécondité qu'elle a observée dans le passé constitue — du moins pour celui qui raisonne dans le cadre d'une philosophie de l'histoire continuiste ! — un gage de confiance envers sa fécondité future. Convaincu que « le respect de la tradition est une condition essentielle du progrès scientifique »[53], Duhem n'estime pas nécessaire ni de s'expliquer davantage ni d'examiner les présupposés d'une telle position. Remarquons toutefois qu'il prend soin de signaler brièvement que, « touchant la nature et la valeur de la théorie astronomique », le génie hellène a conçu « tous les systèmes que notre temps a vu *refleurir* »[54]. Voilà donc ce qui fonde, aux yeux de Duhem, la validité de son contrôle « expérimental » : c'est précisément parce qu'il n'y a pas, dans le domaine de l'épistémologie — pas plus que dans celui de l'histoire des théories physiques ! —, d'innovation *radicale*, c'est donc parce qu'il n'y a pas, contrairement à ce que ses contemporains pensaient, de « révolution dans la méthode »[55], c'est donc finalement parce que tout était déjà donné depuis le début qu'il « suffit » d'examiner, sur la longue durée, le sort réservé à chacune des épistémologies pour se trouver réconforté par le constat selon lequel, de tout

52. P. DUHEM, *Notice sur les titres et travaux scientifiques…*, p. 125.
53. P. DUHEM, *Les origines de la statique*, vol. 1, p. IV.
54. P. DUHEM, *Notice sur les titres et travaux scientifiques…*, p. 120. Nous soulignons.
55. A. BRENNER, *Duhem : science, réalité et apparence*, p. 174.

temps, l'attitude phénoménaliste a rallié « les suffrages des plus profonds penseurs » et celui de « la plupart de ceux qui avaient réfléchi » à ces questions.

Cette impossibilité de voir apparaître une épistémologie radicalement nouvelle est la raison pour laquelle il nous paraît impossible de souscrire à la lecture de Darbon dans la mesure où celle-ci fait résulter la posture phénoménaliste d'une longue *évolution*[56] au lieu de l'inscrire, dès Platon, dans une *tradition*. En effet, le récit narré dans *Σῴζειν τὰ φαινόμενα* n'est pas celui d'une évolution du savoir épistémologique qui serait concomitante avec l'évolution du savoir scientifique, mais bien celui de deux postures épistémologiques, tracées d'emblée depuis l'Antiquité, qui fondent deux traditions rivales dont on peut suivre, au gré des époques, la présence plus ou moins marquée, mais néanmoins jamais absente.

3. Objections

A. Introduction

Comme nous l'avons signalé en introduction, Maiocchi est assurément le commentateur qui porte, sur *Σῴζειν τὰ φαινόμενα*, le jugement le plus sévère et qui conteste le plus fermement l'interprétation traditionnelle, que nous entendons maintenir tout en la précisant, selon la-

56. « À cette longue histoire des systèmes astronomiques, Duhem pose une question. Il lui demande de témoigner si, à mesure que l'observation des astres est devenue plus exacte et plus précise, les astronomes n'ont pas dû renoncer par la force des choses à découvrir la cause profonde et absolue de leurs mouvements, pour se borner à imaginer des hypothèses aussi simples et économiques que possible » (A. DARBON, *L'histoire des sciences dans l'œuvre de P. Duhem*, p. 537). Ajoutons que cette lecture, qui nous fait progressivement passer d'un naïf réalisme initial à un phénoménalisme résigné, est démentie par le récit duhémien lui-même, puisque celui-ci reconnaît au contraire que les progrès rapides qui ont marqué, à partir de la fin de la Renaissance, l'évolution des connaissances se sont accompagnés d'une *régression* quant à la juste conception qu'il convient de se faire des hypothèses astronomiques (P. DUHEM, *Σῴζειν τὰ φαινόμενα*, p. 71).

quelle Duhem cherche avant tout, dans cet ouvrage, à insérer son phénoménalisme dans une tradition millénaire. Il nous faut donc examiner ses arguments avec soin. Les plus importants de ceux-ci se regroupent autour de deux lignes directrices.

Selon la première, le contexte qui prévaut lors de la rédaction de *La théorie physique* (1904-1905) n'est plus celui des premiers écrits de la *Revue des questions scientifiques* (1892-1896), de sorte que Duhem, même s'il n'a pas encore véritablement établi, à l'entame de la rédaction de *Σῴζειν τὰ φαινόμενα*, l'existence d'une tradition phénoménaliste, est contraint de renoncer à un tel objectif, car celui-ci ne constitue plus, dans ce nouveau contexte, sa priorité absolue, voire même s'oppose à ce qui est devenu sa priorité. Par conséquent, des deux objectifs traditionnellement reconnus à *Σῴζειν τὰ φαινόμενα*, il ne reste plus que le second (l'affaire Galilée), puisque le premier (la confirmation historique) se trouve abandonné. L'ouvrage n'est donc qu'un excursus en marge d'une œuvre jusque-là unifiée ; pire encore, qu'un excursus purement apologétique[57] !

Selon la seconde ligne argumentative, il est manifeste que *Σῴζειν τὰ φαινόμενα* doit poursuivre un autre objectif que l'insertion du phénoménalisme duhémien dans une tradition millénaire, dès lors que le contenu réel de l'ouvrage manifeste son incapacité à atteindre un tel objectif[58].

Conformément à la division de notre article en deux parties — justifiée par le fait qu'un objectif *recherché* n'est pas forcément un objectif *atteint* —, nous examinerons la première ligne argumentative dans cette première partie et la deuxième dans la seconde partie de notre étude.

---

57. Cf. R. MAIOCCHI, *Chimica e filosofia…*, p. 269 ; R. MAIOCCHI, *Recenti studi su Pierre Duhem*, p. 151.
58. Cf. R. MAIOCCHI, *Chimica e filosofia…*, pp. 270-271.

Avant d'examiner la première question — la volonté duhémienne d'établir l'existence historique d'une tradition phénoménaliste millénaire et d'y insérer sa propre doctrine est-elle encore d'actualité en 1908 ? —, il n'est pas inutile, pour mieux faire ressortir les enjeux impliqués par ces questions, de rappeler brièvement le contexte dans lequel s'insèrent les affirmations des uns et des autres.

Constatant que Duhem se bat, dans un premier temps, contre le modélisme éclectique anglais et contre les néo-thomistes et qu'il doit, dans un second temps, faire front contre les instrumentalistes anglo-saxons et contre le conventionnalisme extrême d'Édouard Le Roy, Maiocchi, qui est indubitablement porté à accorder moins d'importance que nous au phénoménalisme duhémien[59], est confronté à la présence dérangeante de *Σῴζειν τὰ φαινόμενα*, du moins lorsqu'on considère celui-ci comme un plaidoyer historique en faveur du phénoménalisme. Par conséquent, il nie que telle soit la fonction de cet ouvrage et lui accorde, à la place, une mission purement apologétique, dont il nous semble d'ailleurs majorer le degré de sophistication en associant *Σῴζειν τὰ φαινόμενα* et *Le mouvement absolu et le mouvement relatif* au sein d'un seul et même dessein apologétique[60].

Pour notre part, sans remettre en question l'évolution du contexte si bien décrite par Maiocchi, nous pensons que le respect de la tradition et la fidélité à l'égard de la continuité historique sont des valeurs à ce point importantes pour Duhem que ce dernier tient encore, malgré ce nouveau contexte, à insérer sa doctrine, grâce à son *Σῴζειν τὰ φαινόμενα*, dans une tradition millénaire et à la confirmer par une sorte de contrôle expérimental de nature historique. Il n'en reste pas moins que, pourvu d'un objectif historique *et* apologétique, *Σῴζειν τὰ φαινόμενα*

---

59. Cf. R. MAIOCCHI, *De l'importance du phénoménalisme de Pierre Duhem*, pp. 508-509.
60. Cf. R. MAIOCCHI, *Chimica e filosofia…*, pp. 271-275 et R. MAIOCCHI, *Recenti studi su Pierre Duhem*, pp. 151-153.

reste, dans ce nouveau contexte, embarrassant. Toutefois, loin de chercher à cacher cet embarras en mutilant l'ouvrage d'un de ses deux objectifs traditionnels, nous ne craindrons pas de reconnaître cette difficulté et même de l'énoncer explicitement à la suite de Lechalas.

B. Un objectif dépassé ?

La thèse selon laquelle Duhem, dans le nouveau contexte qui est le sien, renonce à justifier historiquement son phénoménalisme se compose de deux affirmations : l'existence d'un nouveau contexte et, à titre de conséquence, un renoncement duhémien. L'étude de la première affirmation dépassant largement les limites de cet article, nous nous contenterons d'objecter à la seconde qu'elle rentre en contradiction avec les toutes premières lignes de *Σῴζειν τὰ φαινόμενα* :

> « Quelle est la valeur de la théorie physique ? Quelles relations a-t-elle avec l'explication métaphysique ? *Ce sont questions fort agitées de nos jours*. Mais […] elles ne sont point nouvelles ; elles sont de tous les temps ; depuis qu'il existe une science de la Nature, elles sont posées ; si la forme qu'elles revêtent change quelque peu d'un siècle à l'autre […], il suffit d'écarter ce vêtement pour reconnaître qu'elles demeurent essentiellement identiques à elles-mêmes »[61].

Retracer l'histoire des différentes valeurs attribuées à la théorie physique et des différentes manières d'articuler physique et métaphysique — les deux questions sont évidemment intimement liées —, ce n'est donc pas, du moins pour Duhem, analyser des thématiques passées et même dépassées, mais c'est étudier des questions de tous les temps — pour peu qu'on écarte la « forme variable qu'elles empruntent à la science du moment » — et qui demeurent même des « questions fort agitées de nos jours »[62]. Si le nouveau contexte identifié par Maiocchi

61. P. DUHEM, *Σῴζειν τὰ φαινόμενα*, p. 1. Nous soulignons.
62. P. DUHEM, *Σῴζειν τὰ φαινόμενα*, p. 1. Dans le même contexte, l'expression « tant agitée » est également utilisée à la p. 2.

aurait dû logiquement détourner Duhem de ces questions, il n'en demeure pas moins que notre auteur, lui, ne semble pas avoir ressenti cette nécessité.

C. Une conciliation difficile avec le réalisme historico-asymptotique duhémien ?

L'interprète attaché, avec Maiocchi, à révéler la part de réalisme qui se dissimile dans les linéaments de la pensée duhémienne — et sur ce point, nous nous retrouvons évidemment avec le savant commentateur italien[63] — ne peut donc pas se contenter, pour atteindre cet objectif, de récuser le premier des deux objectifs traditionnellement reconnus à *Σῴζειν τὰ φαινόμενα*. Il n'en demeure pas moins, et c'est la part de vérité de la position assumée par Maiocchi, que le maintien de cet objectif s'avère difficile, voire problématique. Énonçons explicitement, à la suite de Lechalas, cette difficulté.

Dans son article *M. Duhem et la théorie physique* (1909), Lechalas pose, selon nous, une question tout à fait pertinente qui ne nous semble pas encore avoir été traitée par les commentateurs :

> « Quand on a lu ces lignes [issues de *La valeur de la théorie physique* de M. Duhem][64], on se demande comment le penseur qui les a écrites a pu écrire aussi cette admirable mais *implacable* histoire de la théorie physique de Platon à Galilée. […] Σῴζειν τὰ φαινόμενα est la devise inscrite en tête du livre et qui en reste l'inspiratrice *exclusive* : nous savons maintenant que M. Duhem, par une sorte de *contradiction* qui le stupéfie lui-même, sait s'élever au-dessus de cette formule purement positiviste »[65].

---

63. En qualifiant le phénoménalisme duhémien de « problématique », le titre de notre livre l'atteste suffisamment.
64. À savoir : « Le physicien est obligé de reconnaître qu'*il serait déraisonnable de travailler au progrès de la théorie physique, si cette théorie n'était le reflet, de plus en plus net et de plus en plus précis, d'une Métaphysique ; la croyance en un ordre transcendant à la Physique est la seule raison d'être de la théorie physique* » (P. DUHEM, *La valeur de la théorie physique*, p. 18).
65. G. LECHALAS, *M. Duhem et la théorie physique*, pp. 155-156. Nous soulignons.

Plus explicitement, la « contradiction » interne que croit pouvoir distinguer Lechalas est la suivante : comment Duhem peut-il, la même année, publier un ouvrage, *Σῴζειν τὰ φαινόμενα*, qui est une apologie « implacable » du phénoménalisme le plus étroit et nous inviter, dans son article sur *La valeur de la théorie physique*, à nous « élever » au-dessus de ce phénoménalisme borné pour concevoir, grâce à la doctrine de la classification naturelle, une théorie physique appelée à rejoindre asymptotiquement la métaphysique ? Autrement dit, comment *Σῴζειν τὰ φαινόμενα*, qui s'accorde parfaitement avec le phénoménalisme rigide du « premier Duhem », peut-il à ce point ignorer le réalisme historico-asymptotique[66] revendiqué, au même moment mais en d'autres écrits, par le « second Duhem » ?

Tel est, selon nous, l'énigme que pose véritablement *Σῴζειν τὰ φαινόμενα* : s'il est vrai — comme l'a bien démontré Maiocchi — que Duhem est, à cette époque, confronté à une utilisation subjectiviste et sceptique de ses propos épistémologiques antérieurs qui le conduit à atténuer son phénoménalisme initial, il ne faut pas pour autant aller jusqu'à nier purement et simplement que son ouvrage ambitionne d'inscrire ce phénoménalisme dans une tradition millénaire, mais il est du moins permis (avec Lechalas) de s'étonner qu'en cet ouvrage, notre auteur semble « oublier » cette dose de réalisme qu'il s'attache à défendre par ailleurs.

Notre étonnement est même d'autant plus grand que ce réalisme historico-asymptotique relève — comme l'évoque son appellation — d'une conviction historique : s'il suffit, par conséquent, de recourir à l'analyse logique pour fonder le phénoménalisme et, *éventuellement*, au contrôle historique pour venir, dans un second temps, appuyer ladite analyse logique — de sorte que *Σῴζειν τὰ φαινόμενα* constitue bel et

66. Par cette expression, nous désignons la conviction duhémienne selon laquelle notre connaissance [phénoménaliste], qui relève de l'ordre de la physique, est appelée progressivement, grâce à l'histoire, à rejoindre asymptotiquement la connaissance [réaliste], qui caractérise l'ordre de la métaphysique.

bien une argumentation supplémentaire et d'un autre ordre —, il faut en revanche, pour fonder le réalisme historico-asymptotique duhémien, recourir *nécessairement* à l'histoire[67], puisqu'il s'agit d'une conviction qui, par essence, échappe à toute argumentation logique. Si donc ce réalisme historico-asymptotique était totalement absent de *Σῴζειν τὰ φαινόμενα*, comme le pressent confusément Lechalas, cela signifierait que, dans cet ouvrage, Duhem s'est attaché à renforcer historiquement ce qui avait déjà été précédemment établi par l'analyse logique, sans veiller à fonder ce que, pourtant, seule l'analyse historique est en mesure de manifester !

D. Un exposé sans parti-pris

Ce qui conduit également Maiocchi à nier que *Σῴζειν τὰ φαινόμενα* soit destiné à confirmer historiquement le phénoménalisme duhémien, c'est le fait que Duhem se contente d'exposer et d'illustrer les différentes attitudes épistémologiques en présence, sans jamais discuter pourquoi il préfère l'une à l'autre[68].

Faut-il comprendre par cette assertion que notre historien est devenu indifférent au choix de l'une ou de l'autre des épistémologies en présence et qu'il renonce à exprimer ses préférences ? Bien sûr que non : les termes et expressions associés à la posture réaliste — « asservissement », « ambition », « limitation », « lutte ardente », « heurt violent », « frénésie », « rude condamnation », « illusion », « intransigeance », « impénitence », « intolérance », « dépendance », « contrainte » — et à la posture phénoménaliste[69] — « affranchissement »,

---

67. Qu'il nous suffise ici de rappeler l'une des dernières phrases de *La théorie physique*, à savoir : « *Seule*, d'ailleurs, l'histoire de la Science peut garder le physicien des folles ambitions du Dogmatisme comme des désespoirs du Pyrrhonisme » (P. DUHEM, *La théorie physique* (1906), p. 444. Nous soulignons).
68. Cf. R. MAIOCCHI, *Chimica e filosofia…*, p. 269.
69. Dans un contexte phénoménaliste, on notera toutefois l'apparition de termes négatifs — « dilettantisme » et « scepticisme » — associés aux « humanistes et beaux esprits » de la Renaissance (P. DUHEM, *Σῴζειν τὰ φαινόμενα*, p. 62). On

« modestie », « paisible possession » — laissent entendre sans ambiguïté le jugement pour le moins tranché qu'il porte sur l'une et sur l'autre.

Faut-il du moins comprendre que Duhem se prive d'exposer le pourquoi de ses préférences ? Pas davantage : comme nous le ferons bientôt remarquer [cf. § II.2], à défaut de débattre *philosophiquement* des raisons de son acceptation du phénoménalisme et de son rejet du réalisme (ce qui reviendrait, comme le note judicieusement Maiocchi, à réécrire *La théorie physique*), il donne à voir les conséquences *historiques* les plus concrètes de l'une et de l'autre de ces attitudes pour faire remarquer que celles qui résultent du phénoménalisme sont toujours nécessairement bénéfiques, à l'inverse de celles, invariablement négatives, qui découlent du réalisme.

Faut-il enfin entendre que ce silence duhémien (qui s'avère donc pour le moins relatif) témoigne d'un renoncement à justifier historiquement le phénoménalisme ? Nullement : il marque tout au contraire, dans le chef de son auteur, la volonté délibérée d'accorder la plus grande force possible à la démonstration historique que celui-ci est en train de produire. En effet, par ce silence apparent, Duhem met simplement en œuvre la stratégie qu'il conseillera plus tard, dans des circonstances similaires, à l'abbé Léon Garzend. Lorsque celui-ci publiera, en 1912, un ouvrage sur l'affaire Galilée[70] qui lui vaudra un compte rendu sévère de la part d'un coreligionnaire, il se tournera vers Duhem pour obtenir son aide. Sans la lui refuser, le savant bordelais, particulièrement attentif à ne pas « lui nuire au lieu de le servir », lui donnera surtout donné, par l'entremise de sa fille Hélène, ce conseil :

> « Je crois […] que son ouvrage n'a rien à craindre. Ce ne sont que des textes ! Qu'il laisse baver les mécontents ; qu'il ne s'engage dans aucune polémique […] et qu'il continue, sans souci

---

se rappellera que Duhem lui-même fut, en raison de son phénoménalisme, qualifié de sceptique par certains de ses coreligionnaires.

70. Cf. L. Garzend, *L'Inquisition et l'hérésie*.

> des criailleries, à travailler avec la même méthode ; elle le rend inexpugnable »[71].

Après avoir discuté la question de la nature et de la portée de la science dans *La théorie physique*, Duhem, conformément à ce précepte, ne se restreint-il pas, dans son *Σῴζειν τὰ φαινόμενα*, à laisser parler les textes et les faits, soit ce qui lui semble le plus inexpugnable ?

II. Un objectif atteint ?

Soutenir, comme nous venons de le faire, que Duhem a cherché à justifier historiquement son phénoménalisme, ce n'est pas être condamné à reconnaître qu'il a nécessairement atteint cet objectif. Aussi convient-il maintenant d'examiner cette question spécifique, non sans avoir au préalable rappelé qu'il ne s'agit en aucun cas de déterminer si, selon l'avis majoritaire des commentateurs et des historiens contemporains, cet objectif semble avoir été atteint — la réponse semble négative —, mais bien de définir ce qui, aux yeux de Duhem, est de nature à lui donner l'impression qu'il l'a été. Autrement dit, tentons de substituer à nos critères ceux qui furent ceux de Duhem lui-même. La question est d'autant plus importante que notre historien ne mentionne lui-même explicitement qu'un seul critère — le respect de la tradition — alors que des critères supplémentaires ont, ou peuvent, être avancés.

1. Le critère de la majorité et/ou de la notoriété

Dans son analyse critique soignée consacrée, en 2004, à notre ouvrage, Maiocchi conteste que *Σῴζειν τὰ φαινόμενα* ait eu pour objectif de valider, sur le terrain de l'histoire, le phénoménalisme duhémien et maintient que son seul et unique but était de défendre la position de l'Église face à Galilée :

---

71. P. DUHEM, *Lettres de Pierre Duhem à sa fille Hélène*, p. 119 [lettre de P. Duhem à H. Pierre-Duhem du 02/12/1913].

> « En fait, la confirmation au niveau de l'histoire de la conception de Bellarmin-Duhem qui ressort du livre est bien pauvre. Quelle justification peut donner au phénoménalisme un travail dans lequel il apparaît que, contre cette conception de la science, se sont rangés, par exemple, des astronomes arabes, de nombreux ptoléméens, Copernic, Tycho Brahé, Kepler, Clavius, Galilée ? L'"enquête" conduite dans ce livre [...] conduirait plutôt à condamner, *si on utilise le critère de la majorité*, le phénoménalisme, et Duhem ne fait rien pour cacher ses nombreux adversaires. Le but du livre me paraît être manifestement différent : défendre l'œuvre de l'Église en face du copernicanisme »[72].

L'argument ici avancé — que nous n'hésiterons pas à renforcer en affirmant que non seulement le *nombre*, mais encore la *notoriété* des réalistes plaide contre le camp duhémien des phénoménalistes — doit être entendu, car il pose de manière fondamentale la question du critère utilisé par Duhem pour juger, sur base de l'histoire, de la pertinence de l'une et de l'autre des deux attitudes épistémologiques en présence.

A. Une faiblesse reconnue

Si, comme le fait Maiocchi, on tient seulement compte du critère de la majorité, voire même de celui de la notoriété, il paraît indéniable que Duhem n'est pas certain de pouvoir obtenir la confirmation des idées qui lui tiennent à cœur[73]. Mieux : il est certain de ne pas l'obtenir. En effet, que la tradition phénoménaliste ne soit pas aussi fournie ni aussi prestigieuse que souhaitée ; qu'elle soit contrainte d'accepter, à côté d'elle, l'existence d'une tradition réaliste au moins aussi imposante ; qu'aucune des deux traditions ne puisse s'imposer par sa seule supériorité numérique, Duhem le sait mieux que quiconque. Divers indices le prouvent.

---

72. R. MAIOCCHI, *De l'importance du phénoménalisme de Pierre Duhem*, p. 510. Nous soulignons. Ces propos ont déjà été tenus dans R. MAIOCCHI, *Chimica e filosofia...*, p. 270.
73. Cf. R. MAIOCCHI, *Chimica e filosofia...*, p. 270.

Tout d'abord la modestie, inhabituelle, des propos duhémiens tenus dans la lettre de présentation de l'ouvrage à l'Académie des sciences. Constatant que « des opinions nombreuses et très diverses sont, aujourd'hui, […] soutenues sur la nature et la portée de la théorie physique », Duhem se contente de signaler que son nouvel ouvrage atteste « que ces différentes opinions comptaient, dès l'antiquité grecque, des représentants parmi les philosophes » et que « la discussion s'est poursuivie sans cesse entre les savants qui tenaient pour des avis opposés », avant d'ajouter qu'il s'est « efforcé de retracer les phases par lesquelles cette discussion a passé […] jusqu'à la condamnation de Galilée »[74]. Un propos similaire était déjà présent dans l'ouvrage lui-même :

> « Ce sont questions que les astronomes et les physiciens discutent en des sens différents, car leurs esprits sont dirigés par des tendances diverses, toutes semblables d'ailleurs à celles qui sollicitent les savants modernes »[75].

Nul triomphalisme donc, mais la simple reconnaissance que le débat contemporain sur la nature et la portée de la théorie physique est, en réalité, la continuation d'un débat millénaire !

Ensuite, les restrictions dont Duhem fait preuve lorsqu'il évoque, ultérieurement, cette tradition qui ne rallie jamais le plus grand nombre de savants, mais seulement « les suffrages des plus profonds penseurs »[76] ou celui de « la plupart de ceux qui [ont] réfléchi sur la nature et la valeur »[77] des hypothèses scientifiques. Quant au principe qui caractérise cette tradition, notre historien se doit de reconnaître qu'il a été, au cours du temps, « expliqué, précisé ou [même] contesté »[78].

Si Duhem trace donc l'histoire d'une tradition, c'est celle d'une tradition dont l'histoire s'avère pour le moins mouvementée et inégale

---

74. P. DUHEM, *Lettre accompagnant le don de « Σῴζειν τὰ φαινόμενα »…*, p. 1459.
75. P. DUHEM, *Σῴζειν τὰ φαινόμενα*, p. 138.
76. P. DUHEM, *Notice sur les titres et travaux scientifiques…*, p. 120.
77. P. DUHEM, *Notice sur les titres et travaux scientifiques…*, p. 120.
78. P. DUHEM, *Notice sur les titres et travaux scientifiques…*, p. 120.

aussi bien dans sa nette perception de la portée seulement phénoménaliste des hypothèses astronomiques que dans sa claire compréhension du principe logique selon lequel « les hypothèses qui portent un système astronomique ne se transforment pas en vérités démontrées par cela seul que leurs conséquences s'accordent avec les observations »[79].

B. Un premier résultat

Le résultat obtenu, aussi modeste soit-il, permet cependant à Duhem d'engranger une première victoire : face à la tradition adverse à laquelle il se trouve confronté depuis l'article de 1892, notre auteur peut dorénavant, avec plus de légitimité que précédemment, se prévaloir non seulement d'une tradition — ce qui était loin d'être acquis à l'entame de ses recherches —, mais encore de la tradition la plus ancienne — elle débute avec Platon — et la plus continue — elle traverse toutes les époques — qui soit. Pour un penseur qui, comme lui, accorde autant d'importance au respect de la tradition, ce premier résultat constitue déjà, à lui seul, une victoire importante.

C. Un critère guère probant

Si Duhem ne se méprend donc pas sur la portée réelle de la tradition phénoménaliste qu'il a mise au jour, s'il « ne fait rien pour cacher ses nombreux adversaires »[80], c'est non seulement parce que les résultats de son enquête lui permettent déjà de se donner une tradition millénaire et continue, mais, plus fondamentalement encore, parce qu'il sait bien — pour l'avoir lui-même fait remarquer à Abel Rey — qu'un tel referendum est finalement guère probant. L'une des raisons en est que « ceux qui illustrent leur nom par les plus brillantes découvertes » peuvent « se tromper, même grossièrement, sur le but et la valeur de la science à laquelle ils ont consacré leur vie »[81]. Cette vérité, suffisamment importante aux yeux de Duhem pour qu'il se donne la peine de la

---

79. P. DUHEM, *Σῴζειν τὰ φαινόμενα*, p. 48.
80. Cf. R. MAIOCCHI, *De l'importance du phénoménalisme de Pierre Duhem*, p. 510.
81. Cf. P. DUHEM, *La théorie physique* (1989), pp. 479-480.

confirmer par une formule de son ami Maurice Blondel[82], se trouve d'ailleurs énoncée dans *Σῴζειν τὰ φαινόμενα* — « les plus grands artistes ne sont pas toujours ceux qui philosophent le mieux sur leur art »[83] —, mais dans un contexte qui peut laisser croire qu'elle ne constitue qu'une tentative de désamorcer les difficultés qu'il s'apprête à rencontrer[84]. Si, en revanche, nous la prenons au sérieux — comme sa récurrence et l'appel à Blondel nous invite à le faire —, elle manifeste que Duhem, sauf à accepter chez lui ce qu'il ne tolère pas chez les autres, n'a pu, dans son *Σῴζειν τὰ φαινόμενα*, se contenter d'un tel « plébiscite »[85] ni donc de recourir au critère de la majorité ou de la notoriété. Tout en reconnaissant qu'un tel plébiscite n'est pas entièrement dépourvu de toute valeur, il faut dès lors envisager la possibilité que notre auteur ait utilisé un autre critère, bien plus significatif.

2. Le critère de l'opportunité

A. Des avantages promis

Nous proposons celui de l'impact, sur le travail effectif des scientifiques, des différentes postures épistémologiques qu'ils endossent. En effet, si les scientifiques peuvent, de bonne foi, se tromper dans leurs déclarations épistémologiques en disant autre chose que ce qu'ils font réellement, les conséquences factuelles des épistémologies qu'ils mettent réellement en œuvre ne sauraient, elles, mentir de la même façon. Or, selon ce nouveau critère, qui présente donc l'avantage de prêter plus attention à la pratique effective des savants qu'à leurs déclarations philosophiques et méthodologiques, la préférence se porte nettement

---

82. Sur les rapports entre Duhem et Blondel et sur cette unique mention de Blondel dans l'œuvre duhémienne, cf. J.-Fr. STOFFEL, *Pierre Duhem avait-il « quelque théologien derrière lui »…*, en particulier p. 109, note 76.
83. P. DUHEM, *Σῴζειν τὰ φαινόμενα*, p. 71.
84. Comme Duhem mentionne cette vérité lorsqu'il aborde l'époque, particulièrement embarrassante pour sa thèse, des XVIe et XVIIe siècles, c'est la lecture qu'en fait Maiocchi (cf. R. MAIOCCHI, *Chimica e filosofia…*, p. 270).
85. P. DUHEM, *La théorie physique* (1989), p. 480.

en faveur de la tradition phénoménaliste. Tel est du moins l'avis de Duhem et de ceux qui, comme lui, entendent avant tout favoriser la *continuité* de la démarche scientifique, privilégier la *liberté* des scientifiques, et assurer l'*autonomie* réciproque de la science, d'un côté, et de la philosophie et de la théologie, de l'autre. Ces avantages sont en effet ceux que Duhem a progressivement présentés à ses lecteurs, tout au long de son œuvre philosophique, comme découlant *logiquement* de l'adoption d'une posture phénoménaliste[86].

B. Des avantages historiquement constatés

Or ces avantages, jusque-là promis sur le terrain de l'analyse logique, Duhem peut aujourd'hui, grâce à son *Σῴζειν τὰ φαινόμενα*, les valider historiquement : ils ne sont plus seulement le résultat d'une réflexion menée en chambre, mais bien d'un constat historique. Que tel soit l'un des principaux critères à l'aune duquel notre auteur nous invite à juger les deux traditions en présence est attesté par le soin qu'il met, tout au long de son ouvrage, à faire ressortir les inconvénients systématiques de l'adoption du réalisme et les avantages, non moins systématiques, de l'adoption du phénoménalisme. Une synthèse de *Σῴζειν τὰ φαινόμενα* privilégiant ce point de vue témoignera de l'exactitude de notre propos.

* * *

[1] Le réalisme d'Aristote impose aux hypothèses des astronomes des « conditions *restrictives* »[87] tout à fait étrangères à la seule obligation qui leur incombe, à savoir celle de sauver les phénomènes, puisque ces conditions s'avèrent liées à la *nature* des corps célestes et du mouvement circulaire. **[2]** Bien qu'ils partagent la même conviction réaliste, Adraste d'Aphrodisie et Théon de Smyrne substituent une autre

86. Cf. J.-Fr. STOFFEL, *Le phénoménalisme problématique de Pierre Duhem*, notamment pp. 135-136, pp. 151-152, pp. 175-177 et pp. 191-197.
87. P. DUHEM, *Σῴζειν τὰ φαινόμενα*, p. 5. Nous soulignons.

condition restrictive à celles édictées par le Stagirite, à savoir « la possibilité de construire avec des sphères solides convenablement emboîtées un mécanisme qui représentât les mouvements célestes »[88]. **[3a]** Mais avec les progrès de la science — en l'occurrence Ptolémée —, la nocivité foncière de l'une et de l'autre de ces restrictions éclate au grand jour : que l'on soit un réaliste « à la mode » d'Aristote ou « à la mode » d'Adraste et de Théon, on ne peut accepter les hypothèses de l'*Almageste*, car dans le premier cas, tous les mouvements célestes ne sont pas homocentriques et, dans le second, aucun tourneur ne peut construire, de ce nouveau système astronomique, « une représentation faite de bois ou de métal »[89]. **[3b]** Par conséquent, pour pouvoir être partisan de Ptolémée et continuer à développer son astronomie, il faut « *affranchir* les hypothèses astronomiques des conditions auxquelles les physiciens les avaient, en général, *asservies* »[90] en adoptant une posture phénoménaliste.

[4] Alors que le « génie logique et métaphysique » des Grecs les avait conduits, après quelques hésitations [n°1-2] et sous la pression du progrès scientifique [n°3a], à endosser le phénoménalisme [n°3b], les Arabes, peu enclins à discuter de la nature des hypothèses astronomiques, restent « *esclaves* de leur imagination » et cherchent « à voir et à toucher ce que les penseurs grecs avaient déclaré purement fictif et abstrait »[91]. Se plaçant ainsi dans le sillage d'Adraste et de Théon [n°2], leur imagination, assouvie par l'art du tourneur et du sculpteur, se prend pour la raison et croit avoir pénétré la nature même des choses[92]. **[5a]** Mais comme, d'une part, la plupart des philosophes de l'Islam se revendique de la physique aristotélicienne et, d'autre part, que les principes restrictifs de celle-ci se sont déjà avérés incompatibles avec l'astronomie de Ptolémée [n°3a], « le réalisme des astronomes

88. P. DUHEM, *Σῴζειν τὰ φαινόμενα*, p. 16.
89. P. DUHEM, *Σῴζειν τὰ φαινόμενα*, p. 17.
90. P. DUHEM, *Σῴζειν τὰ φαινόμενα*, p. 17. Nous soulignons.
91. P. DUHEM, *Σῴζειν τὰ φαινόμενα*, p. 28. Nous soulignons.
92. P. DUHEM, *Σῴζειν τὰ φαινόμενα*, p. 30.

arabes devait *nécessairement* provoquer les Péripatéticiens de l'Islam à une *lutte ardente et sans merci* contre les doctrines de l'*Almageste* »[93]. **[5[b]]** Il en résulte, notamment avec Al-Bitrogi, un retour à un système astronomique de sphères homocentriques qui sera, à la fin du moyen âge et au début de la Renaissance, fort apprécié à la fois par les « péripatéticiens intransigeants, plus jaloux de garder les principes du Philosophe et du Commentateur que de sauver minutieusement les phénomènes célestes », et par ceux « dont l'imagination réclamait une théorie que l'on pût représenter […] par l'art du tourneur ». **[6]** Excepté Maïmonide, le réalisme des Arabes les a donc conduit à exiger que les hypothèses astronomiques soient, pour les uns, conformes à la physique ou, pour les autres, matériellement figurables.

[7] Le choix qui s'offre à la scolastique chrétienne du XIII[e] siècle se réduit à ceci : ou bien l'astronomie ptoléméenne, apte à sauver les apparences, mais construite sur des hypothèses en contradiction avec la physique péripatéticienne [n°3[a]], ou bien le système homocentrique d'Al-Bitrogi, fondé sur une physique aristotélicienne, mais pas assez abouti pour que l'on puisse s'assurer qu'il suffit à sauver les apparences [n°5[b]]. Entre les deux solutions, les penseurs de l'époque hésitent, quand certains placent leur espérance dans une troisième voie : « l'invention de quelque nouveau système où les principes du physicien et les observations de l'astronome seraient également sauvegardés »[94]. **[8]** Sans surprise, le phénoménalisme de Thomas d'Aquin permet aux astronomes, ainsi qu'en témoigne Jean de Jandun, « d'user sans scrupule des hypothèses de Ptolémée […] alors même que leurs opinions métaphysiques les eussent contraints de rejeter ces hypothèses »[95]. **[9]** Il en résulte, dans le Paris du XIV[e] siècle, « une de ces périodes de *paisible* possession où nul ne discute plus les principes sur

93. P. DUHEM, *Σῴζειν τὰ φαινόμενα*, p. 32. Nous soulignons.
94. P. DUHEM, *Σῴζειν τὰ φαινόμενα*, p. 46.
95. P. DUHEM, *Σῴζειν τὰ φαινόμενα*, p. 49.

lesquels reposent les théories » et « où tous les efforts tendent à perfectionner […] le système de Ptolémée […] alors admis sans conteste »[96].

[10a] À la Renaissance, les philosophes averroïstes et les astronomes ptoléméens arrivent, par des voies opposées, à une même erreur : celle qui consiste à attribuer « une réalité véritable aux hypothèses qui portent la théorie astronomique ». **[10b]** Victimes de l'« illusion » selon laquelle il est possible de déduire complètement une théorie astronomique d'une doctrine métaphysique — alors qu'il a presque toujours été impossible, comme en témoigne Al-Bitrogi, de pousser une telle déduction jusqu'au point où les conséquences de cette théorie peuvent être soumises au contrôle expérimental —, les Averroïstes ont cru, en dépit de cette lacune fondamentale, avoir atteint la nature des choses[97]. **[10c]** Victimes de cette autre illusion selon laquelle « l'accord d'une théorie avec les observations » suffit à « transformer en vérités démontrées les hypothèses sur lesquelles repose cette théorie » — alors qu'il faudrait, pour pouvoir tirer une telle conclusion, établir en outre « qu'aucun autre ensemble d'hypothèses n'est capable de *sauver les apparences* » —, les Ptoléméens, dont Manfredonia, sont arrivés à la même conclusion erronée[98]. **[11]** À l'Université de Paris en revanche, « du début du XIVe siècle au début du XVIe siècle », sont donnés, « touchant la méthode physique, des enseignements dont la justesse et la profondeur passent de beaucoup tout ce que le Monde entendra dire à ce sujet jusqu'au milieu du XIXe siècle »[99].

[12] Constatant que les Averroïstes et les Ptoléméens n'étaient arrivés qu'à une « demie réponse » au défi consistant à « sauver les apparences au moyen d'hypothèses conformes aux principes de la Physique »[100], Copernic interprète leur échec relatif comme le signe de la

---

96. P. DUHEM, *Σῴζειν τὰ φαινόμενα*, p. 50. Nous soulignons.
97. Cf. P. DUHEM, *Σῴζειν τὰ φαινόμενα*, pp. 58-60.
98. Cf. P. DUHEM, *Σῴζειν τὰ φαινόμενα*, p. 56 et p. 60.
99. P. DUHEM, *Σῴζειν τὰ φαινόμενα*, p. 71.
100. P. DUHEM, *Σῴζειν τὰ φαινόμενα*, p. 73.

fausseté de leurs hypothèses de départ et se propose dès lors de fonder, sur d'autres hypothèses, la réponse pleine et entière qu'il ambitionne de fournir. S'illusionnant, comme Manfredonia [n°10[c]], en croyant que l'accord avec les faits suffit à transformer ses hypothèses en vérités démontrées[101], il accorde une portée réaliste à son système héliocentrique. **[13]** Face au réalisme de Rheticus et de Copernic, la préface anonyme d'Osiander, qui résulte de la longue tradition inaugurée par Platon, oppose habilement, pour atténuer le scandale, le phénoménalisme : cette doctrine présente en effet l'avantage d'anéantir toute objection adressée, au nom de la cosmologie ou de la Révélation, contre un système astronomique quel qu'il soit. **[14[a]]** Ce phénoménalisme, qui correspond aux convictions intimes d'Osiander malgré l'opinion contraire de Kepler[102], est alors partagé par de nombreux astronomes de son temps. **[14[b]]** C'est, fort naturellement, le cas des partisans du système de Ptolémée, puisque ceux-ci, au cours de l'Antiquité et du moyen âge [n°3[b], 8-9], ont déjà pu expérimenter par eux-mêmes l'utilité d'une telle doctrine lorsqu'ils s'en servirent, d'une part, pour défendre leur propre astronomie contre les attaques des Péripatéticiens et des Averroïstes et, d'autre part, pour la faire progresser en dépit des vaines tentatives visant à restaurer le système des sphères homocentriques[103]. **[14[c]]** C'est aussi le cas des Coperniciens, de sorte qu'il n'est guère étonnant de constater que, durant les vingt ou trente années qui suivent la parution du *De revolutionibus*, Ptoléméens et Coperniciens se rejoignent dans l'adoption d'une même posture phénoménaliste, dans la mesure où celle-ci permet justement, aux uns comme aux autres, de faire progresser leur astronomie en toute quiétude, c'est-à-dire sans qu'ils doivent prêter attention aux objections tirées de la cosmologie ou des Saintes Écritures. **[14[d]]** Même les théologiens protestants de l'époque, comme Melanchthon, adoptent une telle doctrine,

---

101. P. DUHEM, *Σῴζειν τὰ φαινόμενα*, p. 75.
102. P. DUHEM, *Σῴζειν τὰ φαινόμενα*, pp. 80-81.
103. P. DUHEM, *Σῴζειν τὰ φαινόμενα*, p. 96 et p. 104.

car elle leur permet, sans contradiction, d'admirer la capacité de l'astronomie copernicienne à sauver les phénomènes tout en rejetant, au nom de la physique et de l'Écriture, l'hypothèse du mouvement de la Terre. **[14e]** Sans doute, l'opinion des théologiens catholiques était-elle d'une même teneur[104].

[15] Malheureusement, durant le demi-siècle séparant la réforme du calendrier (1582) de la condamnation de Galilée (1633), l'attitude des théologiens et des philosophes devient plus intolérante : alors qu'il était jusque-là permis d'utiliser les hypothèses coperniciennes pour sauver les phénomènes quand bien même celles-ci étaient jugées fausses en philosophie et hérétiques en théologie [n°14d], dorénavant elles devront, avant même toute utilisation astronomique, être considérées comme conformes aux principes de la physique et aux textes de l'Écriture. Par cette nouvelle attitude réaliste, la science des astres se trouve donc placée « sous la dépendance de la Philosophie et de la Théologie »[105]. **[16]** Face à cette montée du réalisme chez les adversaires du système copernicien, la stratégie des Coperniciens aurait dû être — à l'instar de celle adoptée naguère par les Ptoléméens [n°3b, 8-9] — d'adopter le point de vue phénoménaliste, puisque leurs hypothèses n'étaient pas en mesure de répondre aux deux critères exigés, dès lors qu'elles contredisent la physique péripatéticienne et semblent ne pas pouvoir s'accorder avec les Saintes Écritures. **[17]** Au lieu d'éviter, par ce moyen, un péril certain, les Coperniciens se mettent à affirmer non seulement la portée réaliste des hypothèses astronomiques, mais encore que seules les hypothèses coperniciennes sont conformes à cette nouvelle condition[106]. **[18a]** En conséquence de ce réalisme revendiqué, Kepler et Galilée suscitent immanquablement — comme naguère les astronomes arabes [n°5a] — l'hostilité de leurs opposants et se trouvent

---

104. P. DUHEM, *Σῴζειν τὰ φαινόμενα*, pp. 107-108.
105. P. DUHEM, *Σῴζειν τὰ φαινόμενα*, p. 109.
106. P. DUHEM, *Σῴζειν τὰ φαινόμενα*, p. 118.

obligés de s'ériger en théologiens afin de concilier leur système astronomique avec l'Écriture, alors qu'ils auraient pu échapper à une telle opposition et à une telle contrainte par l'adoption du phénoménalisme d'un Osiander[107]. **[18b]** Plus encore, la désastreuse condamnation de Galilée, qui apparaît donc comme « la conséquence du choc qui s'était produit entre deux réalismes »[108] (celui des Coperniciens et celui des membres du Saint-Office), aurait pu être d'autant plus facilement évitée que les préceptes de l'épistémologie phénoménaliste — dont celui de l'impossibilité logique de transformer une hypothèse en certitude suite à sa confirmation expérimentale — furent rappelés à l'astronome florentin par les voix autorisées des cardinaux Robert Bellarmin et Maffeo Barberini.

* * *

La leçon générale qui se tire de ce récit est manifeste : adopter, à l'égard des hypothèses astronomiques, une posture phénoménaliste, c'est pouvoir choisir ces hypothèses « sans se mettre en peine de rien, si ce n'est de l'accord entre les résultats [des] calculs et les données des observations »[109] ; c'est, en particulier, ne pas devoir se préoccuper de l'accord de ces hypothèses — quelles qu'elles soient — avec les systèmes philosophiques et/ou avec les enseignements religieux et les textes sacrés. En revanche, endosser une attitude réaliste, c'est voir sa « liberté » « beaucoup plus étroitement limitée »[110], puisqu'à la seule condition scientifique véritablement requise, à savoir « sauver les phénomènes », viennent s'ajouter d'autres contraintes, philosophiques et/ou religieuses, sans rapport avec cette unique condition.

Plus précisément, adopter une posture réaliste, c'est, *à l'intérieur du champ scientifique* :

---

107. P. DUHEM, *Σῴζειν τὰ φαινόμενα*, p. 120 et p. 127.
108. P. DUHEM, *Σῴζειν τὰ φαινόμενα*, p. 128.
109. P. DUHEM, *Σῴζειν τὰ φαινόμενα*, p. 31.
110. P. DUHEM, *Σῴζειν τὰ φαινόμενα*, p. 31.

1. *restreindre sa liberté scientifique dans le choix des hypothèses* en s'imposant des contraintes inutiles [n°1-2, 6, 15, 18[a]], car extérieures à la démarche scientifique, et même nocives [n°3[a]].

2. *méconnaître la logique de la saine démarche scientifique*, car c'est penser erronément que l'accord avec les phénomènes suffit à conférer une vérité ontologique aux hypothèses astronomiques qui permettent cet accord, alors qu'il faut en outre avoir établi qu'aucune autre hypothèse ne saurait conduire à un tel accord [n°10[c], 12, 18[b]].

3. *devoir renoncer au progrès scientifique, voire même le faire régresser* en raison du respect accordé à ces contraintes et objections pourtant externes à l'entreprise scientifique [n°5[b]], alors qu'une conception phénoménaliste, en faisant fi de telles contraintes et objections, permet de faire tranquillement progresser l'astronomie [n°3[b], 9, 14[b-c]] ou, du moins, aurait pu le permettre [n°18[b]].

4. *courir le risque de ne même pas arriver à faire œuvre de science*, car c'est poursuivre un objectif sans doute intéressant, bien que non requis scientifiquement (la déduction d'un système astronomique à partir d'un système métaphysique, qu'il soit philosophique ou religieux), mais au détriment du seul objectif véritablement requis (l'accord avec les faits), puisqu'il s'avère jusqu'ici que de telles déductions n'ont jamais permis de conduire les systèmes astronomiques qui en résultaient jusqu'à l'indispensable contrôle expérimental [n°7, 10[b]].

C'est également, *en dehors du champ scientifique* cette fois :

5. *commettre une erreur de stratégie en s'exposant nécessairement* [n°5[a]] *et inutilement à des conflits internes* [n°18[a]] *et à des oppositions, voire des condamnations externes* [n°5[a], 18[a-b]], alors que les partisans du phénoménalisme, d'une part, échappent à de tels conflits *internes*, puisqu'ils peuvent, sans scrupules, accepter des hypothèses astronomiques pourtant contraires à leurs opinions métaphysiques ou religieuses personnelles [n°8, 14[d]] et, d'autre part,

contribuent *extérieurement* à les dissiper ou du moins à les amoindrir, puisqu'ils rendent vaine toute objection adressée, au nom de la métaphysique ou de la religion, contre quel que système astronomique que ce soit [n°8-9, 13, 16-17, 18[b]].

6. *être contraint de sortir dangereusement de son propre domaine d'expertise* (la science) pour tenter de dissiper les conflits apparus avec la philosophie et/ou la religion [n°18[a]].

7. *s'exposer à la pire des situations* en alignant de manière conflictuelle, face au réalisme des philosophes et/ou des théologiens, le réalisme des savants [n°18[b]].

* * *

Si aux critères de la majorité et de la notoriété, qui relèvent d'un plébiscite sommaire et peu significatif, on substitue celui de la rentabilité ou de l'efficacité historiques**111** — comme le texte de Duhem lui-même semble nous autoriser à le faire —, on s'aperçoit que la balance penche cette fois nettement en faveur du camp des phénoménalistes, du moins si on considère, comme notre auteur, que l'attitude la plus rentable et la plus opportune est celle qui cherche, en toute occasion, cette sérénité, propice à l'ordonnancement du savoir, qu'assurent

111. À propos du *Système du monde*, cette autre œuvre duhémienne dont *Σῴζειν τὰ φαινόμενα* constitue l'une des anticipations, A. Darbon notait déjà : « [Duhem] se proposait avant tout de rechercher quelles idées fécondes avaient *favorisé*, quels préjugés avaient *retardé* les progrès des doctrines astronomiques ; si elles étaient redevables d'aucune de leurs conquêtes à la prétention d'expliquer le mouvement des astres par leurs causes […] métaphysiques et absolues […] » (A. DARBON, *L'histoire des sciences dans l'œuvre de P. Duhem*, p. 503. Nous soulignons). Dans une même veine, Stanley L. Jaki écrivait plus tard : « Le *Système du monde* visait principalement à montrer qu'au cours des deux mille ans qui ont séparé Platon de Copernic, l'approche formaliste avait toujours été *plus rentable* que l'approche réaliste dans le domaine des sciences » (St. L. JAKI, *Duhem Pierre (1861-1916)*, p. 2377. Nous soulignons). Il restait, évidemment, à développer cette idée et à préciser le type de rentabilité et d'efficacité dont il est question.

l'autonomie de la science et la continuité du développement scientifique. En revanche, si on considère, contrairement à Duhem, que la pertinence d'une attitude scientifique se mesure à l'aune du nombre de découvertes qu'elle a permis, et ce quel qu'en soit le prix, on portera assurément un jugement bien différent !

C. L'exemple paradigmatique de l'affaire Galilée

Insistons sur le fait que le meilleur argument en faveur de l'opportunité de la posture phénoménaliste est, en réalité, celui de l'affaire Galilée dans la mesure où celle-ci, par sa gravité, donne particulièrement bien à voir, *a contrario*, les effets néfastes qui résultent du choix d'une posture réaliste. En effet, comme nous venons de le rappeler, la condamnation de l'astronome florentin résulte, selon l'interprétation duhémienne, d'un choc entre deux réalismes[112] qui aurait pu être facilement évité par l'adoption d'une épistémologie phénoménaliste. Bref, nous invite à penser Duhem, voyez ce qui arrive quand, au lieu d'adopter la bonne posture épistémologique, deux réalismes, endossés naïvement, viennent à s'entrechoquer[113] !

De cette lecture qui intègre les propos tenus sur l'affaire Galilée au sein du plaidoyer historique en faveur du phénoménalisme, il résulte que le commentateur avisé n'a plus à choisir, parmi les deux objectifs initialement énoncés, l'un au détriment de l'autre : soit la validation historique du phénoménalisme, soit la justification apologétique de l'affaire Galilée. Mieux : il ne lui est plus permis de choisir l'un des deux. En effet, si le second vient renforcer le premier en témoignant de ce qu'il ne faut pas faire, il n'en demeure pas moins que le premier est

112. Cf. P. DUHEM, *La théorie physique*, pp. 64-65 ; P. DUHEM, *Σῴζειν τὰ φαινόμενα*, p. 128.

113. M. Finocchiaro a donc raison de faire remarquer qu'en expliquant la condamnation de Galilée en termes de réalisme, Duhem alourdit encore davantage le bilan négatif qui, selon lui, caractérise cette épistémologie (cf. M. A. FINOCCHIARO, *To save the phenomena*, p. 296 et M. A. FINOCCHIARO, *Defending Copernicus and Galileo*, p. 281).

tout autant nécessaire à l'argumentation du second : étant donné que la thèse apologétique soutenue par Duhem consiste à créditer Bellarmin et Barberini d'une certaine perspicacité épistémologique — et ce afin de réfuter le manichéisme de la vision anticléricale selon laquelle, dans cette affaire, il y avait, d'un côté, des savants et, de l'autre, des ignorants —, il importe — exactement comme pour l'*Ad lectorem* d'Osiander [cf. § I.2.A] — d'insérer leurs interventions dans une tradition qui soit elle-même épistémologique, sans quoi il sera permis — toujours comme pour Osiander — d'interpréter leurs propos comme n'étant rien d'autre que la mise en œuvre ponctuelle d'une stratégie défensive ! Par conséquent, tout comme l'affaire Galilée vient, par ses conséquences négatives, renforcer la pertinence historique de la tradition phénoménaliste, l'existence de cette tradition phénoménaliste est nécessaire pour pouvoir créditer, à des fins apologétiques, les représentants de l'Église mentionnés d'une certaine compétence épistémologique. Les deux objectifs que nous avons attribués à *Σῴζειν τὰ φαινόμενα* sont donc parfaitement imbriqués au point d'être indissociables.

Ainsi considéré, l'exposé que Duhem consacre, en apothéose de son *Σῴζειν τὰ φαινόμενα*, à l'affaire Galilée ne constitue plus l'« excursus » ou le « délire »[114] malheureux d'un historien catholique impénitent, mais bien — *du moins selon la perspective de notre auteur qui n'est pas nécessairement celle de son interprète*[115] *!* — la énième et plus importante preuve de l'opportunité de le posture phénoménaliste que notre historien s'attache à promouvoir.

---

114. « On croit rêver. Le plus extraordinaire est que Duhem est un bon théoricien de la physique de son temps et un des meilleurs historiens français des sciences. La passion religieuse le fait proprement délirer » (G. GUSDORF, *De l'histoire des sciences à l'histoire de la pensée*, p. 262).

115. Si nous devions délaisser, l'espace d'un instant, notre rôle d'*interprète* de la pensée duhémienne pour endosser celui de *commentateur*, nous ne manquerions pas de soutenir qu'il est apparu, rétrospectivement, que Duhem a eu tort : il est finalement très heureux, même et surtout pour l'Église catholique, que Galilée ne se soit pas cantonné dans ce phénoménalisme que Duhem aurait aimé qu'il continue à endosser pour la tranquillité de tous ! (cf. J.-Fr. STOFFEL, *Préface,* pp. 22-24).

3. Conclusion

L'étalon par rapport auquel Duhem jauge, dans son *Σῴζειν τὰ φαινόμενα*, la pertinence historique de l'attitude phénoménaliste n'est donc pas ni la majorité ni la notoriété — notre auteur n'a *jamais* écrit que « sa » tradition fut numériquement la plus importante ni la plus impressionnante —, mais bien la sérénité et la liberté qu'une telle attitude a déjà apporté, qu'elle aurait pu apporter lors de l'affaire Galilée et qu'elle pourrait encore apporter de nos jours.

Tel est, selon nous, l'objectif et la portée que Duhem accorde véritablement à son *Σῴζειν τὰ φαινόμενα* : alors que dans ses écrits antérieurs, il ne pouvait qu'énoncer les avantages qui résulteraient de l'adoption d'une attitude phénoménaliste, aujourd'hui il est en mesure d'établir que de tels avantages, précédemment supposés, sont bel et bien ceux qui, au cours de l'histoire, se sont produits. Il s'agit donc bien d'une confirmation, sur base de l'histoire, de l'opportunité de l'attitude phénoménaliste.

Conclusion

Face à la contestation du premier des deux objectifs principaux traditionnellement attribués à l'*Essai sur la notion de théorie physique* (à savoir la validation historique du phénoménalisme duhémien par son insertion dans une tradition), nous nous sommes attachés, premièrement, à maintenir l'existence de cet objectif ; deuxièmement, à mieux le définir ; et troisièmement, à faire ressortir l'articulation qui l'unit de façon indissoluble au second objectif (en l'occurrence une réinterprétation apologétique de l'affaire Galilée). Est ainsi clairement établi, pensons-nous, le premier objectif que Duhem a *voulu* atteindre dans son *Σῴζειν τὰ φαινόμενα*. Quant à ce qu'il a *réellement* atteint… il n'appartient plus à l'interprète de le dire !

Bibliographie

[1] BOSMANS (Henri), *Pierre Duhem (1861-1916) : notice sur ses travaux relatifs à l'histoire des sciences (2),* in *Revue des questions scientifiques,* 40e année, vol. 80 (3e série, vol. 30), 20 octobre 1921, pp. 427-447.

[2] BOYER (Alain), *Compte rendu de A. Brenner : « Duhem : science, réalité et apparence » (1990) et de P. Duhem : « Σῴζειν τὰ φαινόμενα » (1990),* in *Revue de synthèse*, vol. 112 (4e série), 1991, n°1, pp. 106-108.

[3] BRANDMÜLLER (Walter), *Galilei und die Kirche, oder, das Recht auf Irrtum*. – Regensburg : Verlag Friedrich Pustet, 1982. – 175 p.

[4] BRENNER (Anastasios), *Duhem : science, réalité et apparence. La relation entre philosophie et histoire dans l'œuvre de Pierre Duhem* / préface de Maurice BOUDOT. – Paris : Librairie philosophique J. Vrin, 1990. – 253 p. – (Mathesis).

[5] CLAVELIN (Maurice), *Galilée et le refus de l'équivalence des hypothèses,* dans *Galilée : Aspects de sa vie et de son œuvre* / avant-propos de Suzanne DELORME. – Paris : Presses universitaires de France, 1968. – pp. 127-152. – (Centre international de synthèse : Section d'histoire des sciences ; 4).

[6] DARBON (André), *L'histoire des sciences dans l'œuvre de P. Duhem,* dans *L'œuvre scientifique de Pierre Duhem*. – Bordeaux : Feret et Fils libraires, 1927. – pp. 499-548.

[7] DOMET DE VORGES (Edmond), *Les hypothèses physiques sont-elles des explications métaphysiques ?,* in *Annales de philosophie chrétienne,* 64e année, vol. 127 (nouv. série, vol. 29), 1893, n°2, pp. 137-151.

[8] DUHEM (Pierre), *Compte rendu de Emil Wohlwill : « Galilei und sein Kampf für die Copernicanische Lehre », vol. 1 : « Bis zur Verurteilung der Copernicanischen Lehre durch die Römischen Kongregationen » (1909),* in *Göttingische gelehrte Anzeigen,* 173e année, 1911, n°1, 1re partie, pp. 1-14.

[9] ———, *L'aube du savoir : épitomé du « Système du monde »* / textes établis et présentés par Anastasios BRENNER. – Paris : Hermann éditeurs des sciences et des arts, 1997. – LX, 612 p. – (Histoire de la pensée).

[10] ———, *La théorie physique : son objet et sa structure*. – Paris : Chevalier & Rivière éditeurs, 1906. – 450 p. – (Bibliothèque de philosophie expérimentale ; 2).

[11] ———, *La théorie physique : son objet, sa structure*. – 2e édition revue et augmentée / reproduction fac-similé avec avant-propos, index et bibliographie par Paul BROUZENG. – 2e tirage. – Paris : Librairie philosophique J. Vrin, 1989. – XVI, 524 p. – (L'histoire des sciences : Textes et études).

[12] ———, *La valeur de la théorie physique : à propos d'un livre récent*, in *Revue générale des sciences pures et appliquées*, 19e année, 15 janvier 1908, n°1, pp. 7-19.

[13] ———, *Le système du monde : histoire des doctrines cosmologiques de Platon à Copernic*. – Tome 2. – Paris : Librairie scientifique A. Hermann et fils, 1914. – 522 p.

[14] ———, *Les origines de la statique : les sources des théories physiques*. – Tome 1. – Paris : Librairie scientifique A. Hermann, 1905. – IV, 360 p.

[15] ———, *Lettre accompagnant le don de « Σῴζειν τὰ φαινόμενα : essai sur la notion de théorie physique de Platon à Galilée » à l'Académie des sciences* / lettre lue le 28 décembre, in *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences*, vol. 147, 1908, 2e semestre, n°26, p. 1459.

[16] ———, *Lettres de Pierre Duhem à sa fille Hélène* / présentées par Stanley L. JAKI. – Paris : Beauchesne éditeur, 1994. – XXII, 237 p. – (Scientifiques & croyants ; 7).

[17] ———, *Notice sur les titres et travaux scientifiques de Pierre Duhem*. – Bordeaux : Imprimeries Gounouilhou, 1913. – 125 p.

[18] ———, *Physique et métaphysique*, in *Revue des questions scientifiques*, 17e année, vol. 34 (2e série, vol. 4), 1893, pp. 55-83.

[19] ———, *Quelques réflexions au sujet des théories physiques*, in *Revue des questions scientifiques*, 16e année, vol. 31 (2e série, vol. 1), 1892, pp. 139-177.

[20] ———, *Une nouvelle théorie du monde inorganique*, in *Revue des questions scientifiques*, 17e année, vol. 33 (2e série, vol. 3), 1893, pp. 90-133.

[21] ———, *Σῴζειν τὰ φαινόμενα : essai sur la notion de théorie physique de Platon à Galilée*. – Paris : Librairie scientifique A. Hermann et fils, 1908. – 144 p.

[22] ———, *Σῴζειν τὰ φαινόμενα : essai sur la notion de théorie physique de Platon à Galilée* / introduction de Paul BROUZENG. – Paris : Librairie philosophique J. Vrin, 1990. – IV, 143 p. – (Mathesis).

[23] FANTOLI (Annibale), *Galileo e la chiesa cattolica : considerazioni critiche sulla « chiusura » della questione Galileiana*, dans *Largo campo di filosofare : Eurosymposium Galileo 2001* / editado por José MONTESINOS y Carlos SOLÍS. – La Orotova : Fundación Canaria Orotava de Historia de la Ciencia, 2001. – pp. 733-750.

[24] FINOCCHIARO (Maurice A.), *Defending Copernicus and Galileo : Critical reasoning in the two affairs*. – Dordrecht ; Heidelberg ; London : Springer, 2010. – XLIII, 350 p. – (Boston studies in the philosophy of science ; 280).

[25] ———, *To save the phenomena : Duhem on Galileo*, in *Revue internationale de philosophie*, vol. 46, 1992, pp. 291-310.

[26] GARZEND (Léon), *L'Inquisition et l'hérésie. Distinction de l'hérésie théologique et de l'hérésie inquisitoriale : à propos de l'affaire Galilée*. – Paris : Desclée De Brouwer et Cie ; Paris : Gabriel Beauchesne, [1912]. – XVI, 540 p.

[27] GODDU (André), *The realism that Duhem rejected in Copernicus*, in *Synthese*, vol. 83, 1990, n°2, pp. 301-315.

[28] GUSDORF (Georges), *De l'histoire des sciences à l'histoire de la pensée*. – Paris : Payot, 1977. – 336 p. – (Bibliothèque scientifique).

[29] JAKI (Stanley L.), *Duhem Pierre (1861-1916)*, dans *Encyclopédie philosophique universelle*. – Vol. 3, tome 2. – Paris : Presses universitaires de France, 1992. – pp. 2376-2378.

[30] JARDINE (Nicholas), *Scepticism in Renaissance astronomy : A preliminary study*, dans *Scepticism from the Renaissance to the Enlightenment* / edited by Richard H. POPKIN and Charles B. SCHMITT. – Wiesbaden : Harrassowitz, 1987. – pp. 83-102. – (Wolfenbüttler Forschungen ; 35).

[31] KUHN (Heinrich C.), *Venetischer Aristotelismus im Ende der aristotelischen Welt : Aspekte der Welt und des Denkens des Cesare Cremonini (1550-1631)*. – Frankfurt-am-Main : Peter Lang, 1996. – 864 p. – (Europäische Hochschulschriften ; 20 : Philosophie ; 490).

[32] LECHALAS (Georges), *M. Duhem et la théorie physique*, in *L'année philosophique*, 20e année, 1909, pp. 125-157.

[33] ———, *Quelques réflexions soumises à M. Vicaire*, in *Annales de philosophie chrétienne*, 63e année, vol. 126 (nouv. série, vol. 28), 1893, n°3-4, pp. 278-282.

[34] LERNER (Michel-Pierre), *L'« hérésie » héliocentrique : du soupçon à la condamnation*, dans *Sciences et religions de Copernic à Galilée (1540-1610): actes du colloque international [...], Rome 12-14 décembre 1996*. – Rome : École française de Rome, 1999. – pp. 69-91. – (Collection de l'École française de Rome ; 260).

[35] LERNER (Michel-Pierre) – SEGONDS (Alain-Philippe), *Sur un « avertissement » célèbre : l'« Ad lectorem » du « De revolutionibus » de Nicolas Copernic*, in *Galilæana*, vol. 5, 2008, pp. 113-148.

[36] LLOYD (Geoffrey Ernest Richard), *Saving the appearances*, in *The Classical Quarterly*, nouv. série, vol. 28, 1978, n°1, pp. 202-222 ; repris dans G.E.R. LLOYD, *Methods and problems in Greek science*. – Cambridge ; New York ; Port Chester : Cambridge University Press, 1991. – pp. 248-277.

[37] MAIOCCHI (Roberto), *Chimica e filosofia, scienza, epistemologia, storia e religione nell'opera di Pierre Duhem*. – Firenze : La nuova Italia editrice, 1985. – XII, 445 p. – (Pubblicazioni della Facoltà di lettere e filosofia dell'Università di Milano ; 110 : Sezione a cura del Dipartimento di filosofia ; 5).

[38] ———, *De l'importance du phénoménalisme de Pierre Duhem : à propos d'un livre récent*, in *Revue philosophique de Louvain*, vol. 102, 2004, n°3, pp. 505-512.

[39] ———, *Recenti studi su Pierre Duhem*, in *Giornale critico della filosofia italiana*, vol. 72, 1993, n°1, pp. 142-152.

[40] MANSION (Paul), *Copernic*, dans *Compte rendu du congrès scientifique international des catholiques tenu à Paris du 1er au 6 avril 1891*. – 7e section : *Sciences mathématiques et naturelles*. – Paris : Alphonse Picard éditeur, 1891. – pp. 382-385.

[41] ———, *Note sur le caractère géométrique de l'ancienne astronomie*, in *Abhandlungen zur Geschichte der Mathematik*, vol. 9, 1899, pp. 275-292.

[42] MARTIN (Russell Niall Dickson), *Pierre Duhem : Philosophy and history in the work of a believing physicist*. – La Salle (Ill.) : Open Court Publishing Company, 1991. – XI, 274 p.

[43] MERLEAU-PONTY (Jacques), *Leçons sur la genèse des théories physiques : Galilée, Ampère, Einstein*. – Paris : Librairie philosophique J. Vrin, 1987. – 172 p. – (Vrin-reprise).

[44] MUSGRAVE (Alan), *The myth of astronomical instrumentalism*, dans *Beyond reason : Essays on the philosophy of Paul Feyerabend* / edited by Gonzalo MUNÉVAR. – Dordrecht ; Boston ; London : Kluwer Academic Publishers, 1991. – pp. 243-280. – (Boston studies in the philosophy of science ; 132).

[45] PÉCHEUX (Michel) – FICHANT (Michel), *Sur l'histoire des sciences*. – Paris : Librairie François Maspero, 1969. – 172 p. – (Théorie : Cours de philosophie pour scientifiques 1967-1968 ; 3).

[46] PIERRE-DUHEM (Hélène), *Un savant français : Pierre Duhem* / préface de Maurice D'OCAGNE. – Paris : Librairie Plon, 1936. – XV, 240 p.

[47] POPPER (Karl R.), *Conjectures et réfutations : la croissance du savoir scientifique* / traduit de l'anglais par Michelle-Irène et Marc B. DE LAUNAY. – Paris : Payot, 1985. – 610 p. – (Bibliothèque scientifique).

[48] POUPARD (Paul), *Compte rendu des travaux de la commission pontificale d'études de la controverse ptoléméo-copernicienne aux XVIe-XVIIe siècles*, dans *Après Galilée. Science et foi : nouveau dialogue* / sous la direction du cardinal Paul POUPARD. – Paris : Desclée de Brouwer, 1994. – pp. 93-97.

[49] SANTILLANA (Giorgio de), *Le procès de Galilée* / traduit de l'anglais et de l'italien par Adriana SALEM ; revu par l'auteur et J.-J. SALOMON. – [Chicago] : The University of Chicago ; Paris : Le Club du Meilleur Livre, 1955. – 458 p.

[50] STOFFEL (Jean-François), *L'interprétation de l'« affaire Galilée » élaborée par Paul Mansion a-t-elle influencé Pierre Duhem ?*, dans *Pierre Duhem : verità, ragione e metodo (1916-2016)* / a cura di Mirella FORTINO ; introduzione di Roberto MAIOCCHI. – Roma : Aracne, 2017. – sous presses. – (Duhemiana ; 3).

[51] ———, *Le phénoménalisme problématique de Pierre Duhem* / préface de Jean LADRIÈRE. – Bruxelles : Académie royale de Belgique, 2002. – 391 p. – (Mémoire de la Classe des lettres : collection in-8°, 3e série, tome 27).

[52] ———, *Pierre Duhem avait-il « quelque théologien derrière lui » lors de l'élaboration de son articulation de la physique et de la métaphysique ? Le cas de Maurice Blondel*, in *Recherches philosophiques* (Toulouse), vol. 4, 2008, pp. 89-116.

[53] ———, *Pierre Duhem interprète de l'« Affaire Galilée » : aux sources de l'« Essai sur la notion de théorie physique de Platon à Galilée »*, dans *Largo*

campo di filosofare : Eurosymposium Galileo 2001 / editado por José MONTESINOS y Carlos SOLÍS. – La Orotova : Fundación Canaria Orotava de Historia de la Ciencia, 2001. – pp. 765-778.

[54] ———, *Préface*, dans P. DUHEM, *Salvare le apparenze : Saggio sulla nozione di teoria fisica da Platone a Galileo* / a cura di Mirella FORTINO. – Roma : Aracne editrice, 2016. – pp. 13-25. – (Duhemiana ; 2).

[55] VICAIRE (Eugène), *De la valeur objective des hypothèses physiques : à propos d'un article de M. P. Duhem,* in *Revue des questions scientifiques*, 17e année, vol. 33 (2e série, vol. 3), 1893, pp. 451-510.

Annexe

Pierre Duhem
Histoire de la physique
(1911)

L'« Histoire de la physique » de Pierre Duhem : contexte d'une publication singulière et historique de l'usage du terme « révolution »

Jean-François STOFFEL[1]

Haute école de Louvain-en-Hainaut
Département paramédical de Montignies

Résumé. — Destiné à accompagner l'édition du texte original français de la notice anglaise consacrée à l'histoire de la physique que Pierre Duhem publia en 1911 dans la *Catholic encyclopedia*, cet article se propose, dans un premier temps, de contextualiser cet écrit en retraçant l'historique des différentes notices duhémiennes parues dans cette encyclopédie, en relevant les mentions de Duhem qui figurent dans les volumes de la *Catholic encyclopedia* et en rappelant brièvement les principales publications duhémiennes en cours à l'époque de la rédaction de cet écrit. Dans un second temps, profitant de l'apparition, dans cette notice, de la première utilisation du terme « révolution » pour désigner, d'une part, le travail de sape des principes essentiels de la physique aristotélicienne opéré entre 1277 et 1377 et, d'autre part, le geste képlérien qui mit fin à l'exigence circulariste platonicienne, il se livre à une recherche terminologique sur l'emploi, au sein de l'œuvre duhémienne, de ce terme. Ce faisant, cet article fournit notamment quelques informations sur la réception, dans les milieux catholiques, de la pensée duhémienne (en l'occurrence sa revalorisation des qualités) et permet surtout de prendre conscience de toute la prégnance, somme toute inattendue, du concept de « révolution » au sein de l'œuvre historique, pourtant continuiste, de cet auteur.

1. Courriel : jfstoffel@skynet.be

STOFFEL (Jean-François), *L'« Histoire de la physique » de Pierre Duhem : contexte d'une publication singulière et historique de l'usage du terme « révolution »*, dans *Pierre Duhem, cent ans plus tard (1916-2016) : actes de la journée d'étude internationale tenue à Tunis le 10 mars 2016, suivis de l'édition française de l'« Histoire de la physique » (1911) de Pierre Duhem* / édités par Jean-François STOFFEL avec la collaboration de Souad BEN ALI. – Tunis : Université de Tunis, 2017. – pp. 271-300.

Abstract. — Destined to accompany the original French text edition of the English article devoted to the history of physics that Pierre Duhem published in 1911 in the *Catholic Encyclopedia*, this article proposes, firstly, to contextualize this written work by retracing the history of the various Duhemian notes that appeared in this encyclopedia, by addressing the various references to Duhem contained in the *Catholic Encyclopedia*'s volumes, and by briefly reiterating the main Duhemian publications in progress at the time this text was written. Secondly, taking advantage of the first appearance within these notes of the word "revolution" being used to denote, on one hand, the groundwork for the basic principles of Aristotelian physics established between 1277 and 1377, and, on the other hand, Kepler's contribution which put an end to the demands of Platonic circularity, this article also offers a terminological research of the use of this term within Duhem's work. In doing so, it also provides some insight into the reception of Duhem's ideas within Catholic circles (namely, an increased appreciation of its qualities), and it increases awareness as to the entirely unexpected saliency of the notion of "revolution" within the ongoing historical work of this author.

Introduction

Alors que *Le système du monde* (1913-1959) s'étend des Pythagoriciens à Nicolas de Cuse, mais au prix de dix volumes d'érudition, et que *Σῴζειν τὰ φαινόμενα* (1908) couvre la période allant de Platon à Galilée, mais en consacrant 140 pages, guère moins érudites, à un sujet bien particulier, l'*Histoire de la physique* (1911) ressemble à ces deux publications par une importance similaire de son extension chronologique — elle nous emmène, en effet, de Ptolémée à la fondation de la thermodynamique au milieu du XIXe siècle — tout en s'en différenciant par une ampleur encore plus grande du sujet traité — en l'occurrence l'histoire de la physique et plus seulement celle de la cosmologie ou de la notion de théorie physique —, alliée à une extrême concision — cette notice d'encyclopédie ne s'étend que sur 21 pages, « bien remplies » il est vrai — et à une absence d'érudition « superflue » — aucune note et quasi aucune citation ! Dans une œuvre presque toujours pointue, érudite et, partant, difficile à aborder, cette publication se démarque donc par l'association simultanée de la généralité du sujet, de la brièveté du propos et de l'accessibilité du texte. Bien qu'elle soit,

dès lors, non seulement sans équivalent dans l'œuvre historique duhémienne, mais encore susceptible d'y jouer le rôle de texte introductif en raison de ces qualités mêmes, cette publication ne semble guère avoir connu le succès : seulement rééditée — sans véritable commentaire —, partiellement, en 1961[2] et, intégralement, en 1996[3] ; jamais publiée dans sa langue originelle ; jamais traduite dans une autre langue que celle de sa parution initiale, elle n'est, à de très rares exceptions près[4], jamais mentionnée ni citée par les commentateurs. Pourtant, en peu de pages, elle permet, d'une part, de disposer de la conception essentielle que Duhem se faisait de l'histoire de la physique et, d'autre part, d'introduire rapidement le lecteur aux principales thèses historiographiques — parfois totalement inacceptables — qui sont les siennes, comme l'inexistence d'une science arabe [§ 1, 13][5] ; les conséquences positives des condamnations d'Étienne Tempier de 1277 [§ 30, 38-40, 51, 62] ; le rôle majeur joué par l'École de Paris du XIVe siècle dans l'élaboration de la science moderne [§§ 42-43, 52, 62-64, 66, 110] et son influence sur Léonard de Vinci [§ 68, 76, 81], Copernic [§ 51, 86], Giordano Bruno [§ 100] ou encore, mais de façon insuffisante, sur Galilée [§ 129, 138] ; l'emprise vraisemblable de Léonard de Vinci [§ 108, 209] ; ou encore, parmi d'autres, les raisons véritables de la condamnation de Galilée par l'Église catholique [§§ 92-101, 145-149] et la part qui y revient aux Protestants [§ 92, 95, 98, 145, 147]. Telles sont les raisons pour lesquelles nous avons jugé opportun non seulement de mettre à la disposition des lecteurs le texte originel de cette publication, mais encore d'accompagner l'édition de ce texte par

2. Pour les chapitres 1-9, cf. P. DUHEM, *Medieval physics* et pour les chapitres 10-16, cf. P. DUHEM, *Renaissance physics*.
3. Cf. P. DUHEM, *History of physics*.
4. La contribution de F. R. Leite, dans ce volume, en est une !
5. Nous renvoyons au texte de l'*Histoire de la physique*, publié ci-après, par l'indication, entre crochets, du ou des paragraphe(s) concerné(s).

deux brèves études introductives, Stefano Bordoni ayant eu la gentillesse de nous accompagner dans cet exercice difficile[6].

I. Le contexte

1. Les notices duhémiennes de la *Catholic encyclopedia*

Suivant la suggestion du R.P. Johann Georg Hagen (1847-1930)[7] — cet astronome autrichien qui était, depuis 1906, directeur de l'Observatoire du Vatican ; qui collaborait lui-même à la *Catholic Encyclopedia* depuis 1908 en prenant en charge des notices consacrées principalement aux anciens astronomes[8] ; et qui était récemment entré en relation épistolaire avec Duhem à propos de Léonard de Vinci[9] —, Charles George Herbermann (1840-1916)[10] — l'éditeur en chef de ladite encyclopédie qui en était déjà à son huitième volume publié sur

6. Cf., dans ce volume, S. BORDONI, *L'« Histoire de la physique » de Pierre Duhem : une histoire synthétique et tranchante*.
7. Sur celui-ci, cf. notamment H. DOPP, *J. G. Hagen, s.j., 1847-1930,* ; J. STEIN, *Johann Georg Hagen s.j.* et *The Catholic encyclopedia and its makers*, p. 72.
8. J. G. Hagen a signé les notices de *Copernicus, Nicolaus* (vol. 4, 1908) ; *Gassendi (Gassendy, Gassend), Pierre* (vol. 6, 1909) ; *Guglielmini, Giovanni-Battista* (vol. 7, 1910) ; *Laplace, Pierre-Simon* (vol. 8, 1910) ; *Lilius, Aloisius* (vol. 9, 1910) ; *Müller (Regiomontanus), Johann* (vol. 10, 1911) ; *Nicholas of Cusa* et *Paul of Middelburg* (vol. 11, 1911) ; *Science and the Church* (vol. 13, 1912) ; *Tempel, Wilhelm (Ernest Leberecht)* (vol. 14, 1912) ; *Universe, systems of the* et *Vatican Observatory* (vol. 15, 1912).
9. Venant d'apprendre, par l'intermédiaire des *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences* (cf. P. DUHEM, *Lettre accompagnant le don de la seconde série des « Études sur Léonard de Vinci » à l'Académie des sciences*), que Duhem avait « fait une étude spéciale des Œuvres de Léonard de Vinci », J. G. Hagen lui écrit, le 28 mars 1909, pour lui demander s'il est vrai que l'on trouve déjà, chez le grand savant de la Renaissance, la courbe en forme de spirale par laquelle Kepler représente la chute libre des corps. Cf. la lettre de J. G. Hagen à P. Duhem du 28/03/1909. Sauf mention contraire, toutes les lettres citées proviennent du Fonds P. Duhem conservé au Service des archives et du patrimoine de l'Académie des sciences de l'Institut de France.
10. À son sujet, cf. *The Catholic encyclopedia and its makers*, p. 76, ainsi que L. H., *Charles G. Herbermann*.

quinze de prévus — écrit, le 23 février 1910, au savant bordelais pour lui demander de bien vouloir rédiger la notice consacrée à l'*Histoire de la physique*. Il lui adresse cette requête d'autant plus volontiers qu'à la recommandation du directeur de l'Observatoire du Vatican s'ajoute le témoignage, plus personnel, de son collègue Paul Saurel. Celui-ci, aujourd'hui « Instructor of pure mathematics in the College of the City of New York », n'avait en effet pas hésité à rejoindre Duhem à Bordeaux pour y présenter, sous sa direction, une thèse de docteur ès sciences le 28 juin 1900. Fort de cette connaissance personnelle du savant français dont il avait fait état auprès d'Herbermann, il avait suscité, en ce dernier, « une grande admiration pour son ancien professeur »[11].

Le « cahier des charges » pour la rédaction d'une telle notice est assez clair :

> « L'article dont nous parlons serait de 12 à 15000 mots sur l'histoire de la physique, depuis l'ère chrétienne avec un aperçu sur son état dans la période de la fondation du christianisme, montrant ses progrès pendant le moyen âge et après la Renaissance jusqu'aux temps modernes. Tout en rendant justice à tout le monde, il ne faudrait pas oublier ce que les universités du moyen âge et leurs docteurs, comme Albert le Grand, Roger Bacon, Regiomontain, aussi bien que les grands savants français et italiens des 16e et 17e siècles et les savants catholiques modernes ont fait pour la science. Il n'est pas nécessaire de désigner les savants catholiques comme catholiques. Il suffit de souligner leurs noms. »[12]

Ces premières indications nous permettent de comprendre pourquoi, d'une part, notre auteur prend pour point de départ de son histoire la figure de Ptolémée, à partir de laquelle il contemple, rétrospectivement, « le domaine de la Physique antique » [§ 2] et pourquoi, d'autre part, le manuscrit de son texte comporte — sans raison apparente —

11. Lettre de Ch. G. Herbermann à P. Duhem du 23/02/[1910].
12. Lettre de Ch. G. Herbermann à P. Duhem du 23/02/[1910].

un souligné sous certains noms propres (souligné qui, d'ailleurs, n'apparaît pas dans la version imprimée) : il s'agissait bien, comme le fait comprendre le « cahier des charges » ci-dessus rappelé, de souligner, *au propre comme au figuré*, la contribution des savants catholiques, de tout temps, à la science moderne. D'ailleurs, la lettre qu'adressa à notre savant, une semaine plus tard, Condé Benoist Pallen (1858-1929)[13] — soit le « managing editor » de la *Catholic Encyclopedia* avant d'en devenir son président en 1913 — afin de confirmer la demande d'Herbermann présente cette requête comme ayant pour objectif de traiter du thème de la science et de l'Église d'un point de vue *historique*, avant que ce même thème ne soit traité, *théoriquement* cette fois, par le R.P. Hagen[14].

Duhem ayant exprimé « franchement » les difficultés inhérentes à l'entreprise qui lui était proposée, Herbermann lui répond, le 22 mars, en s'attachant à démontrer que ces deux difficultés ne sont « pas insurmontables ».

La première a trait visiblement à l'extrême étendue de la période qui lui est demandée de couvrir. L'éditeur-en-chef lui répond que « c'est la première période de l'histoire de la physique qui nous intéresse surtout ; quant à la seconde, il suffira de dire ce que vous avez dit dans votre lettre, en ajoutant peut-être les noms les plus distingués du XIXe siècle »[15]. Cette réponse éclaire une frustration que ne manquera sans doute pas de ressentir le lecteur d'aujourd'hui : alors que celui-ci cherche, dans le texte duhémien, la filiation qui mène jusqu'au « tout nouveau programme que la Physique », et Duhem en particulier, « allait s'efforcer de remplir » [§ 290], il ne peut s'empêcher d'éprouver le sentiment regrettable que, dans les derniers chapitres, l'exposé se fait trop rapide, comme si le temps — ou la place — venait à manquer. C'est, en réalité, solliciter ce texte à l'encontre de ce qui, jadis, lui avait

13. Cf. *The Catholic encyclopedia and its makers*, p. 133.
14. Lettre de C. B. Pallen à P. Duhem du 3/3/1910.
15. Lettre de Ch. G. Herbermann à P. Duhem du 22/03/[1910].

été explicitement demandé, puisqu'il était attendu de Duhem qu'il s'étende sur la première période, mais non sur la seconde.

La seconde difficulté énoncée concerne manifestement le critère qu'il convient d'utiliser pour déterminer si un savant doit être qualifié de catholique ou non. Convient-il de supposer qu'on est catholique *par défaut* et donc qu'il *suffit* de ne pas être explicitement protestant ou juif pour pouvoir être qualifié de la sorte ? Face à l'embarras manifesté par Duhem, la réponse se fait, cette fois-ci, plus approfondie :

> « La raison pour laquelle nous voudrions souligner les savants catholiques, c'est qu'ici comme en Allemagne on répète toujours qu'un catholique ne peut pas être un savant. La meilleure méthode de réfuter cette assertion me paraît être simplement de souligner les noms des savants catholiques. Je n'approuve pas plus que vous, la méthode de prendre comme catholiques ceux qui ne sont pas des protestants ou des juifs. D'un autre côté on peut être catholique sans être toujours un catholique militant. Certes, je ne compterais pas comme catholique [une] personne qui protesterait contre cette désignation. En vérité, il vaut mieux omettre quelques bons catholiques, que de revendiquer des catholiques douteux. Jusqu'au XVIIIe siècle, il n'y a pas grande difficulté pour les savants italiens et français. Pour le XIXe siècle, nous nous appuyons sur l'autorité d'un petit livre allemand par le P. Kneller, s.j., qui est sobre, donne des raisons et mérite confiance. »[16]

L'ouvrage renseigné est celui de Carl Alois Kneller (1857-1942), *Das Christentum und die Vertreter der neueren Naturwissenschaft : ein Beitrag zur Kulturgeschichte des 19. Jahrhunderts*, publié en 1903[17] et traduit en anglais dès 1911[18].

---

16. Lettre de Ch. G. Herbermann à P. Duhem du 22/03/[1910]. Nous avons corrigé quelques coquilles.
17. Cf. C. A. KNELLER, *Das Christentum und die Vertreter der neueren Naturwissenschaft*.
18. Cf. C. A. KNELLER, *Christianity and the Leaders of Modern Science*.

Le 5 juillet 1910, Pallen accuse réception du manuscrit que Duhem lui-même avait daté du 24 juin 1910. À la fin du mois d'août[19], il demande cette fois à notre auteur une notice sur Jordanus de Nemore qui sera, en réalité, la première à être publiée, dans le volume dix[20]. Une semaine plus tard, Herbermann remerciait Duhem pour son article sur l'*Histoire de la physique*, en écrivant qu'il correspond « exactement [à] ce que nous désirions », et il l'informait qu'il avait « soumis aux Pères Hagen et Kneller la liste des savants dont le catholicisme était douteux »[21]. Le même jour, soit le 7 septembre 1910, Pallen chargeait Duhem des notices de Pierre de Maricourt[22], d'Albert de Saxe[23], de Jean de Saxe[24], de Thierry de Fribourg[25], et enfin de Simon Stevin[26]. Duhem honora ces différentes demandes, sauf la dernière qu'il proposa d'attribuer au R.P. Julien Thirion (1852-1918)[27], lequel, fort logiquement, la déclina au profit du R.P. Henri Bosmans (1852-1928)[28]. Enfin, un mois plus tard, Pallen sollicitait une dernière fois Duhem en le chargeant d'une notice sur Nicole Oresme en tant que physicien, dès lors que la biographie de celui-ci était déjà prise en charge par un autre contributeur[29]. Quelques jours plus tard, Herbermann précisait à Duhem que la notice sur Oresme[30], précédemment attribuée au prêtre et historien Antoine Degert (1858-1931)[31], lui était désormais entièrement confiée[32].

---

19. Lettre de C. B. Pallen à P. Duhem du 30/08/1910.
20. Cf. P. DUHEM, *Nemore, Jordanus (Jordanis) de*.
21. Lettre de Ch. G. Herbermann à P. Duhem du 7/09/191[0].
22. Cf. P. DUHEM, *Pierre de Maricourt*.
23. Cf. P. DUHEM, *Saxony, Albert of (Albert of Helmstädt)*.
24. Cf. P. DUHEM, *Saxe, Jean de*.
25. Cf. P. DUHEM, *Thierry of Freiburg (or of Saxony)*.
26. Lettre de C. B. Pallen à P. Duhem du 7/09/1910.
27. Sur celui-ci, cf. V. SCHAFFERS, *Le R. P. Thirion*.
28. Cf. *The catholic encyclopedia*, vol. 14, 1912, pp. 293-294. Sur cet auteur, cf. *Le Père Henri Bosmans sj (1852-1928), historien des mathématiques*.
29. Lettre de C. B. Pallen à P. Duhem du 11/10/1910.
30. Cf. P. DUHEM, *Oresme, Nicole*.
31. Sur cet auteur, cf. *The Catholic encyclopedia and its makers*, p. 40 et V. FOIX, *Le chanoine Antoine Degert (1858-1931)*.
32. Lettre de Ch. G. Herbermann à P. Duhem du 20/10/1910.

Elle sera la deuxième à être publiée, dans le onzième volume, et ce après mars 1911[33], avant que l'*Histoire de la physique* ne paraisse dans le douzième.

2. Les mentions de Duhem dans la *Catholic encyclopedia*

Si, dans sa toute première lettre à Duhem, Herbermann faisait remarquer que ce serait un grand honneur pour la *Catholic encyclopedia* de bénéficier de sa collaboration, « car il n'y a pas de savant européen dont le nom soit plus honoré en Amérique que le vôtre »[34], il faut bien reconnaître que ce nom n'apparaît guère dans ladite encyclopédie : outre la notice consacrée, en 1922, à Duhem lui-même[35] et une mention bibliographique[36], on ne recense que deux seules occurrences de son nom, mais qui — fait significatif — présentent l'intérêt de mettre en exergue exactement la même thématique de sa pensée, à savoir le retour, au sein de la science, aux qualités.

La première se trouve dans la considération finale par laquelle l'abbé Clodius Piat (1854-1918)[37], alors professeur de philosophie à l'Institut catholique de Paris, termine, en 1908, sa notice consacrée à René Descartes :

> « The foregoing account may perhaps give the impression that Descartes was a great savant rather than a great philosopher ; but the significance of his scientific work should be properly understood. What remains of value is not so much his theories, but the impetus given by his genius, his method, his discoveries. His quantitative conception of the world is being gradually

33. « Tu veux savoir si les Américains impriment mon article : *Physic (History of)* non ; ils n'en sont encore qu'à la lettre O, car je viens de recevoir les épreuves de : *Oresme (Nicole)* » (lettre de P. Duhem à H. Duhem du 15/03/1911, dans P. DUHEM, *Lettres de Pierre Duhem à sa fille Hélène*, p. 37).
34. Lettre de Ch. G. Herbermann à P. Duhem du 23/02/[1910].
35. Cf. *Duhem, Pierre Maurice Marie*.
36. Cf. la notice consacrée, par Theophilus Witzel, à Roger Bacon (*The Catholic encyclopedia*, vol. 13, 1912, p. 113).
37. Cf. *The Catholic encyclopedia and its makers*, p. 137.

> abandoned, and to-day men's minds are turning to a philosophy of nature wherein quality plays a controlling part (DUHEM, *L'évolution de la mécanique,* Paris, 1905, p. 197). »[38]

La seconde figure dans la notice consacrée au mécanisme, en 1911, par le dominicain belge Marc de Munnynck (1871-1945)[39], alors professeur de psychologie et de cosmologie à l'Université de Fribourg :

> « More might be said of the manifest inadequacy of quantitative images, of cosmological Mathematism which reduces all continuity to discontinuity and all time to coincidences without duration, and of the anti-mechanistic reaction which asserts itself under the name of Energetism, and with which the researches of Ostwald and of Duhem are associated. But these are complex and general problems. »[40]

Si cette seconde occurrence est tout à la fois moins heureuse — en raison de l'association (scientifiquement justifiée, mais philosophiquement hautement problématique pour notre savant[41]) des noms d'Ostwald et de Duhem — et moins précise — à cause de l'absence de toute référence bibliographique duhémienne — que la première, il n'en demeure pas moins que toutes les deux contribuent à répandre, dans la pensée catholique, la revalorisation duhémienne des qualités[42].

3. L'*Histoire de la physique* au sein de l'œuvre duhémienne

Étant ainsi connu, avec précision, le *terminus post quem* (23 février 1910) et le *terminus ante quem* (24 juin 1910) de la rédaction effective

---

38. C. PIAT, *Descartes, René (Renatus Cartensius),* p. 748.
39. Cf. *The Catholic encyclopedia and its makers,* p. 121 ; P. WYSER, *P. Marc de Munnynck O. P. : In Memoriam.*
40. M. DE MUNNYNCK, *Mechanism,* p. 101.
41. Sur le caractère problématique des relations entre Ostwald et Duhem, cf. J.-Fr. STOFFEL, *Le phénoménalisme problématique de Pierre Duhem*, pp. 261-262.
42. Nous nous proposons d'ailleurs d'étudier prochainement la réception de cette doctrine dans le monde catholique et les interprétations qui en ont été faites.

de cette *Histoire de la physique*, il convient de terminer cette contextualisation en réinsérant brièvement cette publication dans la chronologie de l'œuvre et des préoccupations duhémiennes.

Après une année 1909 particulièrement féconde qui a vu paraître, en mars, la deuxième série de ses *Études sur Léonard de Vinci*[43], en juillet sa monographie sur *Le mouvement absolu et le mouvement relatif* ainsi que son édition, en octobre, d'*Un fragment inédit de l'« Opus tertium » de Roger Bacon*, Duhem vient de terminer, à l'entame de la nouvelle année[44], la préparation de la seconde édition de son ouvrage *Thermodynamique et chimie : leçons élémentaires*, qui sera publié en avril. Durant la première partie de cette année 1910 où prend place la rédaction du texte qui nous retient, il travaille donc, du moins jusqu'au 21 mai[45], aux deux tomes de son *Traité d'énergétique ou de thermodynamique générale* qui paraîtront, respectivement, en mars[46] et en septembre de l'année suivante, ainsi qu'à des articles préparatoires au *Système du monde*, tels que *La physique néoplatonicienne au moyen âge*.

II. Historique de l'usage du terme « révolution »

1. Un usage problématique ?

Dès la lecture du sommaire de l'article, le lecteur est surpris par l'apparition d'un terme qui semblerait devoir être proscrit du vocabulaire duhémien : celui de « révolution ». Alors que Duhem aurait pu intituler le chapitre consacré à l'illustre astronome polonais en reprenant une expression qu'il utilise ailleurs, à savoir « L'astronomie nouvelle de Copernic » [§ 65], il n'hésite pas, au contraire, à le titrer : « La *révolution* copernicaine » [chap. 12]. Est-ce à dire que notre auteur —

43. L'avant-propos est daté du 12 janvier 1909.
44. La préface est datée du 6 janvier 1910.
45. Cf. la lettre de P. Duhem à H. Duhem du 22/05/1909, publiée dans P. DUHEM, *Lettres de Pierre Duhem à sa fille Hélène*, p. 8.
46. Cf. la lettre de P. Duhem à H. Duhem du 18/03/1911 (fonds P. Duhem).

dont l'illustre continuisme historique a été particulièrement bien étudié par Roberto Maiocchi[47] avant que nous nous rangions nous-mêmes aux propos de ce savant commentateur italien[48] —, reconnaîtrait, voire même affirmerait, l'existence de révolutions au sein du développement historique ? Dans l'affirmative, faudrait-il en conclure que Duhem n'est pas véritablement un historien continuiste ? Que lorsqu'il utilise le mot proscrit de « révolution » — comme nous l'écrivions sans doute un peu trop rapidement au moment même où nous faisions remarquer qu'il l'utilise —, il en « va presque jusqu'à *oublier* son continuisme »[49] ? Que les commentateurs (dont nous sommes) qui ont accrédités l'importance de ce continuisme au sein de son système de pensée se sont trompés ? À moins que nous décidions de faire l'économie de ces questions subversives en plaidant pour un *lapsus calami* isolé et non significatif…

Cette dernière solution n'est évidemment pas envisageable, car au sein de l'article, le terme est utilisé à plusieurs reprises et pour désigner différents bouleversements : non seulement 1°) la « révolution copernicaine », dont l'originalité réside dans la mise en mouvement de la Terre autour du Soleil [§ 85] ; et 2°) la révolution képlérienne qui, en ruinant l'exigence circulariste de l'astronomie antique, s'avère « plus profonde encore que la révolution copernicaine » [§ 160] ; mais également 3°) la révolution, opérée durant le siècle séparant les condamnations d'Étienne Tempier (1277) du *Traité du Ciel et du Monde* de Nicole Oresme (1377) [§ 62], ayant réalisé le travail de sape des « principes essentiels de la Physique d'Aristote », ainsi que celui de formulation des « grandes idées directrices de la Science moderne » ; et enfin

---

47. Cf. R. MAIOCCHI, *Chimica e filosofia, scienza, epistemologia, storia e religione nell'opera di Pierre Duhem*, principalement pp. 221-228 et tout le chap. 4.
48. Cf. J.-Fr. STOFFEL, *Le phénoménalisme problématique de Pierre Duhem*, pp. 177-183, p. 243, pp. 290-295.
49. Cf. J.-Fr. STOFFEL, *Le phénoménalisme problématique de Pierre Duhem*, p. 251. Nous soulignons.

4°) « la révolution chimique accomplie par Antoine Laurent Lavoisier » [§ 270].

2. Corpus

Comme depuis 1893, le terme « révolution » est couramment utilisé, dans l'œuvre duhémienne, pour désigner les bouleversements dont il vient d'être question, mais également pour en qualifier d'autres, il convient d'étendre notre enquête à l'ensemble, le plus vaste possible, des écrits duhémiens. Nous aboutissons alors à la typologie suivante classée chronologiquement :

1. En 1893, apparition du terme pour désigner, « à la fin du XVIe siècle et au commencement du XVIIe siècle », « l'une des plus grandes révolutions qui aient bouleversé le monde de la pensée »[50]. Au fil des écrits, les différentes composantes de cette révolution générale seront progressivement détaillées et examinées : la « révolution accomplie en Dynamique par le XVIe siècle »[51], la « révolution cartésienne » [cf. n°11], « copernicaine » [cf. n°12], képlérienne [cf. n°14], newtonienne [cf. n°8], ou encore « astronomique » [cf. n°15].

2. Quelques mois plus tard, réapparition du terme pour qualifier le premier travail d'Helmholtz « comme le manifeste d'où jaillit une révolution » dans la science[52].

3. En 1895, présentation, comme d'une révolution dont il est aujourd'hui aisé de méconnaître la « grandeur » et l'« importance », du rejet, par la nouvelle dynamique, de la quantité de chaleur créée par Descartes (1596-1650)[53].

---

50. P. DUHEM, *Physique et métaphysique,* p. 75.
51. P. DUHEM, *Les origines de la statique (2),* p. 34, repris dans P. DUHEM, *Les origines de la statique,* tome 1, p. 123.
52. P. DUHEM, *L'École anglaise et les théories physiques,* p. 374.
53. P. DUHEM, *Les théories de la chaleur (1),* p. 878 et p. 883.

4. Dans le même article, Lavoisier (1743-1794) est présenté comme ayant opérer une révolution[54]. En 1900, celle-ci est spécifiquement désignée par l'expression « révolution antiphlogistique »[55]. La reconnaissance du caractère révolutionnaire de l'œuvre de Lavoisier[56] se retrouvera, ultérieurement, dans l'œuvre duhémienne [cf. aussi n°7].

5. En 1899, apparition de l'expression « révolution chimique » dans le cadre de la « véritable révolution » qui, au XIXe siècle, touche l'industrie des grands produits chimiques et provoque bien des conséquences économiques[57]. L'année suivante, les conséquences de la chimie-physique ne font pas seulement « prévoir des bouleversements dans les procédés de l'industrie chimique », mais il est ajouté que les principes de cette science « menacent d'une révolution les vieux systèmes cosmologiques »[58].

6. La même année, utilisation du terme pour qualifier, suite à l'œuvre d'Henri Victor Regnault (1810-1878), la montée en « puissance » et en « ambition » de la physique expérimentale en raison du degré de précision qu'elle était désormais capable d'exiger[59].

7. En 1900, reprise de l'expression « révolution chimique » [cf. n°5] pour désigner, plus classiquement, la profonde transformation de

---

54. P. DUHEM, *Les théories de la chaleur (1)*, p. 887.
55. P. DUHEM, *La notion de mixte (1)*, p. 78 et p. 98, repris dans P. DUHEM, *Le mixte et la combinaison chimique*, p. 15 et p. 45 ; P. DUHEM, *La notion de mixte (2)*, p. 167, repris dans P. DUHEM, *Le mixte et la combinaison chimique*, p. 47.
56. P. DUHEM, *La chimie est-elle une science française ?*, p. 185.
57. P. DUHEM, *Une science nouvelle : la chimie physique*, p. 275.
58. P. DUHEM, *L'œuvre de M. J. H. Van't Hoff*, p. 6.
59. P. DUHEM, *Usines et laboratoires*, p. 392.

la chimie opérée, à la fin du XVIIIe siècle, suite aux travaux de Lavoisier[60], voire par Lavoisier lui-même[61].

8. Dans la même étude, c'est au tour de Newton d'être honoré dans la mesure où la révolution qu'il a accomplie « dans le domaine de la philosophie naturelle » est reconnue comme « l'une des plus profondes que connaisse l'histoire de l'esprit humain »[62]. [Cf. n°15].

9. Enfin, toujours au sein de la même étude, c'est Joseph Louis Proust (1754-1826) qui est salué pour avoir, en niant la théorie de Claude Louis Berthollet (1748-1822), produit « une révolution profonde dans la notion de mixte »[63].

10. En 1902, c'est cette fois James Clerk Maxwell (1831-1879) qui est présenté comme ayant opéré une révolution — bien que tel ne fut pas son sentiment[64] — par l'« extension subite » de ce « vaste pays » de l'électrodynamique dont les frontières semblaient pourtant, en 1860, définitivement fixées[65].

11. L'année 1903 voit l'apparition du concept de contre-révolution. En effet, en prenant à nouveau en compte les qualités jadis bannies de la physique par le Cartésianisme, la mécanique nouvelle opère « une contre-révolution opposée à la révolution cartésienne », ce qui n'implique pas — fait digne d'être souligné — ni que cette

---

60. P. DUHEM, *La notion de mixte (1)*, p. 69, repris dans P. DUHEM, *Le mixte et la combinaison chimique*, p. 1 ; P. DUHEM, *La notion de mixte (2)*, p. 167, repris dans P. DUHEM, *Le mixte et la combinaison chimique*, p. 47. C'est à cette catégorie que nous pouvons sans doute rattacher P. DUHEM, *Le P. Marin Mersenne et la pesanteur de l'air (1)*, p. 770.
61. P. DUHEM, *Physics, history of*, p. 66.
62. P. DUHEM, *La notion de mixte (1)*, p. 83, repris dans P. DUHEM, *Le mixte et la combinaison chimique*, p. 23.
63. P. DUHEM, *La notion de mixte (2)*, p. 178, repris dans P. DUHEM, *Le mixte et la combinaison chimique*, p. 66.
64. P. DUHEM, *Les théories électriques de J. Clerk Maxwell*, p. 55 ; P. DUHEM, *De Maxwell et de la manière allemande de l'exposer*, p. 118.
65. P. DUHEM, *Les théories électriques de J. Clerk Maxwell*, p. 5 et p. 55.

contre-révolution soit originale — elle reprend au contraire « les traditions de la Physique de l'École, si longtemps et si violemment décriée » — ni qu'elle rompe totalement avec la révolution à laquelle elle s'oppose — tout en s'inscrivant dans le sillage d'Aristote, elle conserve, en effet, parmi les récentes « conquêtes cartésiennes », la volonté d'être une « mathématique universelle »[66].

12. En 1905, apparaît pour la première fois — soit dans *La théorie physique*, soit dans le second tome des *Origines de la statique* (les deux publications sont concomitantes) — l'expression « révolution copernicaine »[67]. Celle-ci sera évidemment utilisée continûment jusque dans le dernier tome du *Système du monde*[68], en alternance avec la reconnaissance du caractère révolutionnaire de l'œuvre copernicienne[69]. [Cf. n°15].

En 1911, rappelons la toute première apparition, dans le texte qui nous occupe, de l'usage du terme pour qualifier :

13. le travail de sape des principes essentiels de la physique aristotélicienne et de formulation des grandes idées directrices de la science moderne réalisé entre 1277 et 1377[70] [cf. n°16] ;

14. le geste keplérien mettant fin à l'exigence circulariste platonicienne[71]. [Cf. n°15].

---

66. P. DUHEM, *L'évolution de la mécanique*, p. 345. Idem pour la réédition de 1905.
67. P. DUHEM, *La théorie physique (12)*, p. 527, repris dans P. DUHEM, *La théorie physique* [1906], p. 371 et [1914], p. 342 ; P. DUHEM, *Les origines de la statique (8)*, p. 508-509, p. 518, p. 547, repris dans P. DUHEM, *Les origines de la statique*, tome 2, p. 91, p. 102, p. 139.
68. P. DUHEM, *Le mouvement absolu et le mouvement relatif*, p. 182 ; P. DUHEM, *Études sur Léonard de Vinci (2e série)*, p. 90 et p. 269 ; P. DUHEM, *Physics, history of*, p. 53 et p. 58 ; P. DUHEM, *Le système du monde*, tome 1, p. 210 ; tome 3, p. 159 ; tome 9, p. 408 ; tome 10, p. 319 et p. 367.
69. P. DUHEM, *Compte rendu de Emil Wohlwill : « Galilei und sein Kampf für die Copernicanische Lehre »*, p. 4 ; P. DUHEM, *Le système du monde*, tome 3, p. 162.
70. P. DUHEM, *Physics, history of*, p. 52.
71. P. DUHEM, *Physics, history of*, p. 58.

15. En 1913, dans le premier tome du *Système du monde*, apparaît l'expression « révolution astronomique » qui semble chapoter les révolutions copernicaine, képlérienne et newtonienne, en faisant de la première un point de départ et de la dernière un point d'arrivée[72]. Koyré pouvait arriver !

16. Le deuxième tome du *Système du monde*, paru l'année suivante, n'est pas moins intéressant : il laisse jaillir, pour la première fois, l'expression « révolution théologique ». Est ainsi désignée la révolution, opérée par la théologie chrétienne et nécessaire à la révolution scientifique qu'elle prépare, qui consiste à faire déchoir les astres du rang divin où l'Antiquité les avait placés et qui permettra que le monde céleste soit justiciable des mêmes lois que le monde terrestre[73]. Le propos et l'expression reviendront[74], voire se préciseront : c'est Jean Buridan (1292-1363) qui, par sa conception inertielle dont les conséquences révolutionnaires[75] se sont manifestées autant dans le domaine de la théologie que dans celui de la mécanique, a produit la révolution peut-être la plus « profonde » et la plus « féconde » de l'histoire de la physique[76] — ou, du moins, « la plus audacieusement révolutionnaire et […] la plus féconde qu'ait émise l'École de Paris au cours du XIVe siècle »[77] — laquelle consiste à supprimer la bipartition aristotélicienne instaurée entre monde sublunaire et monde céleste. Comme l'a fait remarquer A. Brenner[78], cette affirmation audacieuse consiste à réattribuer l'unification du monde à Buridan et non plus à Kepler et à Galilée, comme c'était encore le cas dans *Σῴζειν τὰ φαινόμενα*.

---

72. « Après que la révolution astronomique dont Copernic fut l'initiateur eut abouti aux *Principes* de Newton […] » (P. DUHEM, *Le système du monde*, tome 1, p. 467).
73. P. DUHEM, *Le système du monde*, tome 2, p. 453.
74. P. DUHEM, *Le système du monde*, tome 4, pp. 316-317.
75. Cf. P. DUHEM, *Le système du monde*, tome 8, p. 339.
76. P. DUHEM, *Le système du monde*, tome 8, p. 340.
77. P. DUHEM, *Le système du monde*, tome 10, p. 130.
78. A. BRENNER, *Duhem : science, réalité et apparence*, p. 196.

En effet, au moment d'écrire ce dernier ouvrage, notre historien n'avait pas encore la connaissance intime de Buridan qu'il allait bientôt acquérir et qui allait l'amener à choisir l'année de conception de sa théorie de l'*impetus*, en lieu et place des célèbres condamnations de 1277, comme date de naissance de la science moderne[79].

17. Enfin[80], en 1916, Duhem attribue à Johann Joachim Becher (1635-1682) une révolution… « surtout verbale »[81] !

En résumé, dès 1893 et jusqu'à la fin de sa vie, Duhem utilise abondamment (dans plus d'une quinzaine de contextes différents) et continûment (l'espace de temps maximum avant l'application du terme à un nouveau contexte est de cinq ans) le terme « révolution » pour l'appliquer aussi bien à l'œuvre personnelle d'individus — Helmholtz [n°2], Lavoisier [n°4 et 7], Newton [n°8], J. L. Proust [n°9], J.-Cl. Maxwell [n°10], Descartes [n°11], Copernic [n°12], Kepler [n°14] et J. J. Becher [n°17] — qu'à des transformations profondes survenues dans le domaine de la science pure — la dynamique [n°3], la physique expérimentale [n°6], la chimie [n°3, 7, 9 et 17], l'électrodynamique [n°10], la mécanique [n°11], l'astronomie et la cosmologie [n°12, 14, 15] —, de la science appliquée — l'industrie chimique [n°5] —, de la philosophie de la nature — Newton [n°8] —, ou même de la théologie — la révolution du XIVe siècle [n°16]. Jusque 1911, le terme est appliqué exclusivement à des phénomènes contemporains ou postérieurs à la première révolution attestée, celle des XVIe et XVIIe siècles [n°1], puisque c'est précisément dans le texte que nous commentons qu'il qualifie, pour la première fois, un épisode ayant eu lieu durant le moyen âge [n°13 et 16]. En effet, toutes ces révolutions n'ont pas la même

79. Cf. J.-Fr. STOFFEL, *Le phénoménalisme problématique de Pierre Duhem*, pp. 244-245.

80. Pour être exhaustif, mentionnons également cette occurrence non reprise dans notre typologie : P. DUHEM, *Le système du monde*, tome 10, p. 39.

81. P. DUHEM, *La chimie est-elle une science française ?*, p. 45.

importance : certaines touchent manifestement le « monde de la pensée », comme la révolution du XVIIe siècle Newton compris [n°1 et 8], d'autres seulement celui de la science [n°2] ou même d'une thématique scientifique [n°9] ; certaines passent aujourd'hui inaperçues [n°3] quand d'autres se font sentir au niveau économique [n°5] ; certaines, enfin, sont profondes et fécondes [n°16], d'autres surtout verbales [n°17].

3. Analyse

Ce corpus d'occurrences sans doute incomplet, mais néanmoins représentatif, autorise un certain nombre d'observations qui pourront servir à corriger[82] la version simpliste qui est souvent de mise à propos de la philosophie duhémienne de l'histoire.

Premièrement. — Devant cette panoplie de révolutions touchant tous les domaines et (presque) toutes les époques et qui perdure tout au long de l'œuvre duhémienne en dépit de la montée en puissance de son continuisme[83], il n'est plus permis d'ignorer la présence de révolutions dans l'histoire duhémienne et encore moins de nier explicitement leur existence[84]. Il ne convient pas davantage de se montrer dubitatif devant de telles affirmations, comme si notre auteur, adepte d'un continuisme simpliste et intransigeant, n'avait pas compris que les notions de continuité et de révolution ne sont pas incompatibles. Il convient au contraire de reconnaître — probablement —, avec A. Brenner, que « Du-

---

82. Il n'entre évidemment pas dans l'objectif de cet article d'étudier, en tant que telle, la philosophie de l'histoire duhémienne, mais seulement d'attirer l'attention des lecteurs sur la nécessité de prendre davantage en compte, au sein de celle-ci, l'affirmation, par Duhem, de l'existence de révolutions. Sur la question générale du continuisme duhémien, outre les travaux cités, cf. aussi H.-A. AWESSO, *Complexité et continuisme historique chez Pierre Duhem : regards croisés sur la nature du progrès scientifique*.
83. Il est en effet significatif que la reconnaissance duhémienne de l'existence de révolutions perdure au-delà de sa découverte de la science médiévale.
84. Cf., ci-après, notre 3e remarque.

hem ne se contredit pas lorsqu'il parle de bouleversements théoriques », car « le continuisme historique peut parfaitement se conjuguer avec le discontinuisme épistémologique »[85] et — certainement —, avec F. R. Leite, que « Duhem n'a jamais nié la possibilité de l'existence de révolutions dans l'histoire des théories » et que « son continuisme n'est pas suffisamment exclusif au point de l'amener à abandonner complètement la catégorie de révolution »[86]. Rappelons en effet — très simplement — que ce que Duhem refuse, en vertu de son continuisme, ce n'est pas qu'il puisse exister des révolutions en tant que telle, mais bien qu'il puisse exister des révolutions qui, étant apparues *ex nihilo*, comme « le produit *soudain* d'une *création* »[87], échappent totalement à la trame de l'histoire. Aussi s'attache-t-il fréquemment, au moment même où il prend acte d'une révolution, à la réinscrire dans l'évolution historique[88] — notamment par le recours à la notion de précurseur — conformément à son souci constant de marquer que les révolutions, elles aussi, ont une histoire. Mais affirmer que les révolutions ont une histoire, ce n'est pas s'interdire de penser — ni d'écrire — qu'au terme de ces évolutions (plus ou moins lentes et plus ou moins

---

85. A. BRENNER, *Introduction*, à P. DUHEM, *L'évolution de la mécanique* (1992), p. XIX.
86. F. R. LEITE, *Quelques notes sur le prétendu réalisme structurel attribué à Pierre Duhem*, p. 154. Comme il l'annonce dans cet article (cf. note 120), F. R. Leite, qui a déjà remis en question l'interprétation continuiste de Duhem, s'apprête à consacrer tout un article à cette thématique.
87. P. DUHEM, *La théorie physique* (1914), p. 365. Nous soulignons.
88. Nous l'avons déjà signalé, d'une part, pour la contre-révolution opposée à la révolution cartésienne [n°11], puisqu'elle reprend, de cette dernière, au moins un élément et, d'autre part, pour la révolution scientifique du XVIIe siècle, dans la mesure où elle se trouve préparée par la révolution théologique du XIVe siècle [n°16]. Quant à la révolution copernicaine, qui n'est pas radicale puisqu'elle conserve (ou retrouve), elle aussi, des éléments antérieurs (P. DUHEM, *Les origines de la statique*, tome 2, p. 91 ; P. DUHEM, *Études sur Léonard de Vinci* (2e série), p. 90), elle a été préparée (P. DUHEM, *Les origines de la statique*, tome 2, p. 91 ; P. DUHEM, *Études sur Léonard de Vinci* (2e série), p. 269 ; P. DUHEM, *Physics, history of*, p. 53 ; P. DUHEM, *Le système du monde*, tome 9, p. 408 ; tome 10, p. 319 et p. 367), tant et si bien que les esprits étaient prédisposés à la recevoir sans étonnement (P. DUHEM, *Le système du monde*, tome 3, p. 159 et p. 162).

préparées), révolution il puisse y avoir ! De la graine au « chêne robuste » et au « tronc vigoureux »[89], quelle différence bien qu'il n'y ait, entre les deux, qu'une longue et patiente évolution. Aussi Duhem n'aurait-il pas manqué de souscrire à ce propos koyréen : « Il ne faut pas, cependant, abuser de l'argument de la continuité. Les changements imperceptibles aboutissent fort bien à une diversité très nette ; de la semence à l'arbre il n'y a pas de sauts ; et la continuité du spectre n'en rend pas les couleurs moins diverses »[90]. Au sein de cette commune conviction selon laquelle continuité et révolution ne sont pas incompatibles, Duhem se sera surtout attaché à montrer l'évolution continue quand Koyré aura préféré insister prioritairement sur la différence qui en résulte. Les récits des deux historiens sont donc, de ce point de vue, moins incompatibles que complémentaires.

Deuxièmement. — Face à cette liste qui semble parfois extravagante, on devine que la notion duhémienne de révolution ne recouvre pas exactement la signification qu'elle avait au XVIIIe siècle[91] ou qu'elle aura de nos jours. On pressent aussi que son emploi s'est, chez Duhem, globalement précisé (ou canalisé ?) avec le temps. Partis de la conception traditionnelle selon laquelle il n'y a pas de révolutions dans l'histoire continuiste duhémienne, nous voici presqu'arrivés au résultat inverse : il y en a tellement que nous doutons qu'elles puissent toutes être prises au sérieux ! Il convient donc d'interroger la signification spécifique que Duhem attribue à ce terme — notamment par le relevé de ceux qui lui sont directement associés, en l'occurrence « renverser » ou « ruiner »[92], « transformer » de façon « profonde » ou « entière »[93]

89 P. DUHEM, *L'école anglaise et les théories physiques*, p. 374.
90. A. KOYRÉ, *La pensée moderne*, pp. 16-17.
91. Cf. A. BRENNER, *La notion de révolution scientifique selon les encyclopédistes*.
92. P. DUHEM, *La théorie physique* (1906), p. 371 ; P. DUHEM, *Physics, history of*, p. 58 ; P. DUHEM, *Le système du monde*, tome 1, p. 210 ; tome 10, p. 39.
93 P. DUHEM, *Le mixte et la combinaison chimique*, p. 23 ; P. DUHEM, *Le système du monde*, tome 8, p. 340.

et, surtout, « bouleverser »[94] — pour déterminer si cette abondance de « révolutions » n'est pas l'indice que le terme a été vidé de sa substance.

Troisièmement. — L'apparition de l'expression « révolution théologique » semble constituer un argument supplémentaire pour interroger, avec Maiocchi, la thèse d'Agassi[95], récemment reprise par Sophie Roux[96]. En effet, celle-ci écrit : « Pour Duhem, il n'y a pas de révolution, ni en métaphysique, ni en sciences. La métaphysique, étant le lieu des disputes, peut bien connaître des changements, elle ne connaît pas de révolution qui instaurerait une fois pour toutes un nouveau régime de savoir – rien ne s'y établit de manière définitive »[97]. Or, très précisément, la « révolution théologique » visée par Duhem [n°16], qu'on peut assurément qualifier de métaphysique en ce qu'elle redéfinit la nature des astres, n'est-elle pas, si pas définitive (rien ne l'est… même pas les révolutions !), du moins toujours d'actualité ? N'a-t-elle pas instauré, du moins selon Duhem, « un nouveau régime de savoir » ? Si Duhem le philosophe, pour assurer la nécessaire continuité de l'entreprise scientifique, invitait les scientifiques à pratiquer une assez nette démarcation entre la physique et la métaphysique, c'est bel et bien parce que Duhem l'historien n'ignorait pas que la métaphysique pouvait avoir une influence sur la science[98] qui pouvait s'avérer parfois d'autant plus dommageable — pouvons-nous ajouter — que l'histoire de la métaphysique elle-même n'est pas à l'abri de révolutions.

---

94. P. DUHEM, *Physique et métaphysique*, p. 75 ; P. DUHEM, *L'œuvre de M. J. H. Van't Hoff*, p. 6 ; P. DUHEM, *Les théories électriques de J. Clerk Maxwell*, p. 5 ; P. DUHEM, *Les origines de la statique*, tome 2, p. 91 ; P. DUHEM, *La chimie est-elle une science française ?*, p. 45 ; P. DUHEM, *De Maxwell et de la manière allemande de l'exposer*, p. 118.
95. Cf. R. MAIOCCHI, *Chimica e filosofia, scienza, epistemologia, storia e religione nell'opera di Pierre Duhem*, pp. 276-277.
96. S. ROUX, *Lire « La théorie physique » aujourd'hui*, pp. 14-19.
97. S. ROUX, *Lire « La théorie physique » aujourd'hui*, p. 18.
98. A. Brenner le faisait déjà remarquer (A. BRENNER, *Introduction*, à P. DUHEM, *L'aube du savoir*, p. xv).

Conclusion

Après avoir dressé le contexte dans lequel s'insère l'*Histoire de la physique* de Duhem, cet article a profité de la présence, dans ce texte, d'un terme à première vue problématique, en l'occurrence celui de « révolution », pour se livrer à un relevé de ses occurrences dans l'œuvre duhémienne. L'analyse du corpus qui en a résulté a permis de montrer que Duhem n'était pas le continuiste simpliste et intransigeant que certains imaginent encore. Espérons que les données ici rassemblées et que les quelques observations formulées à cette occasion permettront de nourrir le débat, toujours très discuté, relatif au continuisme duhémien.

Bibliographie

[1] *Duhem, Pierre Maurice Marie*, dans *The catholic encyclopedia : An international work of reference on the constitution, doctrine, discipline, and history of the Catholic church*. – Vol. 17 : *Supplement and year-book* / edited by Edward A. PACE, Condé B. PALLEN, Thomas J. SHAHAN, and John J. WYNNE. – New York : The Encyclopedia Press, 1922. – p. 273.

[2] *Le Père Henri Bosmans sj (1852-1928), historien des mathématiques : actes des Journées d'études organisées les 12 et 13 mai 2006 au Centre interuniversitaire d'études des religions et de la laïcité de l'Université libre de Bruxelles et le 15 mai 2008 aux Facultés universitaires Notre-Dame de la Paix à Namur* [...] / édités par Michel HERMANS et Jean-François STOFFEL. – Bruxelles : Académie royale de Belgique, 2010. – 320 p. – (Bulletin de la Classe des sciences : 6e série, tome 21).

[3] *The catholic encyclopedia : An international work of reference on the constitution, doctrine, discipline, and history of the Catholic church* / edited by Charles G. HERBERMANN, Edward A. PACE, Condé B. PALLEN, Thomas J. SHAHAN, and John J. WYNNE. – New York : Robert Appleton Company ; [puis] The Encyclopedia Press, 1907-1922. – 17 vol.

[4] *The Catholic encyclopedia and its makers*. – New York : The Encyclopedia Press, 1917. – VIII, 192 p.

[5] AWESSO (Hodo-Abalo), *Complexité et continuisme historique chez Pierre Duhem : regards croisés sur la nature du progrès scientifique*, dans *Réel voilé et cosmos théophanique : le regard de l'homme sur la nature et la question de Dieu* / sous la direction de Bertrand SOUCHARD et Fabien REVOL. – Paris : Librairie philosophique J. Vrin ; Lyon : Institut interdisciplinaire d'études épistémologiques, 2015. – pp. 65-92. – (Science - Histoire - Philosophie).

[6] BORDONI (Stefano), *L'« Histoire de la physique » de Pierre Duhem : une histoire synthétique et tranchante*, dans *Pierre Duhem, cent ans plus tard (1916-2016) : actes de la journée d'étude internationale tenue à Tunis le 10 mars 2016, suivis de l'édition française de l'« Histoire de la physique » (1911) de Pierre Duhem* / édités par Jean-François STOFFEL avec la collaboration de Souad BEN ALI. – Tunis : Université de Tunis, 2017. – pp. 301-310.

[7] BRENNER (Anastasios), *Duhem : science, réalité et apparence. La relation entre philosophie et histoire dans l'œuvre de Pierre Duhem* / préface de Maurice BOUDOT. – Paris : Librairie philosophique J. Vrin, 1990. – 253 p. – (Mathesis).

[8] DE MUNNYNCK (Marc), *Mechanism*, dans *The catholic encyclopedia : An international work of reference on the constitution, doctrine, discipline, and history of the Catholic church*. – Vol. 10 : *Mass - Newman* / edited by Charles G. HERBERMANN, Edward A. PACE, Condé B. PALLEN, Thomas J. SHAHAN, and John J. WYNNE. – New York : Robert Appleton Company, 1911. – pp. 100-102.

[9] DOPP (Henri), *J. G. Hagen, s.j., 1847-1930*, in *Revue des questions scientifiques*, 50e année, vol. 99 (4e série, vol. 19), 20 mars 1931, n°2, pp. 204-231.

[10] DUHEM (Pierre), *Compte rendu de Emil Wohlwill : « Galilei und sein Kampf für die Copernicanische Lehre », vol. 1 : « Bis zur Verurteilung der Copernicanischen Lehre durch die Römischen Kongregationen » (1909)*, in *Göttingische gelehrte Anzeigen*, 173e année, 1911, n°1, 1re partie, pp. 1-14.

[11] ———, *De Maxwell et de la manière allemande de l'exposer*, in *La Revue du mois*, 10e-14e année, vol. 20, 10 juin 1919, n°2 (n°116), pp. 113-131.

[12] ———, *Études sur Léonard de Vinci : ceux qu'il a lus et ceux qui l'ont lu*. – Seconde série. – Paris : Librairie scientifique A. Hermann et fils, 1909. – IV, 474 p.

[13] ———, *History of physics*, dans P. DUHEM, *Essays in the history and philosophy of science* / translated and edited, with introduction, by Roger ARIEW and Peter BARKER. – Indianapolis ; Cambridge : Hackett Publishing Company, 1996. – pp. 163-221.

[14] ———, *L'aube du savoir : épitomé du « Système du monde »* / textes établis et présentés par Anastasios BRENNER. – Paris : Hermann éditeurs des sciences et des arts, 1997. – LX, 612 p. – (Histoire de la pensée).

[15] ———, *L'école anglaise et les théories physiques : à propos d'un livre récent de W. Thomson*, in *Revue des questions scientifiques*, 17e année, vol. 34 (2e série, vol. 4), 1893, pp. 345-378.

[16] ———, *L'évolution de la mécanique*. – Paris : Maison d'éditions A. Joanin et Cie, 1903. – 348 p.

[17] ———, *L'évolution de la mécanique*. – Paris : Librairie scientifique A. Hermann, 1905. – 348 p.

[18] ———, *L'évolution de la mécanique, [suivi de] Les théories de la chaleur [et de] Analyse de l'ouvrage de Ernst Mach : « La mécanique »* / introduction et établissement du texte par Anastasios BRENNER ; avant-propos de Paul GERMAIN. – Paris : Librairie philosophique J. Vrin, 1992. – XXI, 474 p. – (Mathesis).

[19] ———, *L'œuvre de M. J. H. van't Hoff : à propos d'un livre récent*, in *Revue des questions scientifiques*, 24e année, vol. 47 (2e série, vol. 17), 1900, pp. 5-27.

[20] ———, *La chimie est-elle une science française ?*. – Paris : Librairie scientifique A. Hermann et fils, 1916. – 186 p.

[21] ———, *La notion de mixte : essai historique et critique (1)*, in *Revue de philosophie*, 1re année, 1er décembre 1900, n°1, pp. 69-99.

[22] ———, *La notion de mixte : essai historique et critique (2)*, in *Revue de philosophie*, 1re année, 1er février 1901, n°2, pp. 167-197.

[23] ———, *La physique néoplatonicienne au moyen âge*, in *Revue des questions scientifiques*, 34e année, vol. 68 (3e série, vol. 18), 1910, pp. 10-60.

[24] ———, *La théorie physique : son objet et sa structure (12)*, in *Revue de philosophie*, 5e année, vol. 6, 1er mai 1905, pp. 519-559.

[25] ———, *La théorie physique : son objet et sa structure*. – Paris : Chevalier & Rivière éditeurs, 1906. – 450 p. – (Bibliothèque de philosophie expérimentale ; 2).

[26] ———, *La théorie physique : son objet, sa structure*. – 2e édition revue et augmentée. – Paris : Marcel Rivière & Cie éditeurs, 1914. – VIII, 514 p. – (Bibliothèque de philosophie expérimentale ; 2).

[27] ———, *Le mixte et la combinaison chimique : essai sur l'évolution d'une idée*. – Paris : C. Naud éditeur, 1902. – [VI], 207 p.

[28] ———, *Le mouvement absolu et le mouvement relatif*. – Montligeon (Orne) : Imprimerie-librairie de Montligeon, 1909. – 284 p.

[29] ———, *Le P. Marin Mersenne et la pesanteur de l'air*. – 1re partie : *Le P. Mersenne et le poids spécifique de l'air*, in *Revue générale des sciences pures et appliquées*, vol. 17, 15 septembre 1906, n°17, pp. 769-782.

[30] ———, *Le système du monde : histoire des doctrines cosmologiques de Platon à Copernic*. – Paris : Librairie scientifique A. Hermann et fils, 1913-1959. – 10 vol.

[31] ———, *Les origines de la statique (2)*, in *Revue des questions scientifiques*, 28e année, vol. 56 (3e série, vol. 6), 1904, pp. 9-66.

[32] ———, *Les origines de la statique (8)*, in *Revue des questions scientifiques*, 29e année, vol. 58 (3e série, vol. 8), 1905, pp. 508-558.

[33] ———, *Les origines de la statique : les sources des théories physiques*. – Tome 1. – Paris : Librairie scientifique A. Hermann, 1905. – IV, 360 p.

[34] ———, *Les origines de la statique : les sources des théories physiques*. – Tome 2. – Paris : Librairie scientifique A. Hermann, 1906. – VIII, 364 p.

[35] ———, *Les théories de la chaleur*. – I : *Les précurseurs de la thermodynamique*, in *Revue des deux mondes*, 65e année, vol. 129 (4e période), 15 juin 1895, pp. 869-901.

[36] ———, *Les théories électriques de J. Clerk Maxwell : étude historique et critique*. – Paris : Librairie scientifique A. Hermann, 1902. – 228 p.

[37] ———, *Lettre accompagnant le don de la seconde série des « Études sur Léonard de Vinci » à l'Académie des sciences* / lettre lue le 15 mars, in *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences*, vol. 148, 1909, 1er semestre, n°11, pp. 685-687.

[38] ———, *Lettres de Pierre Duhem à sa fille Hélène* / présentées par Stanley L. JAKI. – Paris : Beauchesne éditeur, 1994. – XXII, 237 p. – (Scientifiques & croyants ; 7).

[39] ———, *Medieval physics*, dans *Toward modern science*. – Vol. 1 : *Studies in ancient and medieval science* / edited by Robert M. PALTER. – New York : The Noonday Press, 1961. – pp. 141-159.

[40] ———, *Nemore, Jordanus (Jordanis) de*, dans *The catholic encyclopedia : An international work of reference on the constitution, doctrine, discipline, and history of the Catholic church*. – Vol. 10 : *Mass - Newman* / edited by Charles G. HERBERMANN, Edward A. PACE, Condé B. PALLEN, Thomas J. SHAHAN, and John J. WYNNE. – New York : Robert Appleton Company, 1911. – pp. 740-741. – Réédition : New York : The Encyclopedia Press, 1913.

[41] ———, *Oresme, Nicole*, dans *The catholic encyclopedia : An international work of reference on the constitution, doctrine, discipline, and history of the Catholic church*. – Vol. 11 : *New Mexico - Philip* / edited by Charles G. HERBERMANN, Edward A. PACE, Condé B. PALLEN, Thomas J. SHAHAN, and John J. WYNNE. – New York : Robert Appleton Company, 1911. – pp. 296-297. – Réédition : New York : The Encyclopedia Press, 1913.

[42] ———, *Physics, history of*, dans *The catholic encyclopedia : An international work of reference on the constitution, doctrine, discipline and history of the Catholic church*. – Vol. 12 : *Philip - Revalidation* / edited by Charles G. HERBERMANN, Edward A. PACE, Condé B. PALLEN, Thomas J. SHAHAN, and John J. WYNNE. – New York : Robert Appleton Company, 1911. – pp. 47-67. – Réédition : New York : The Encyclopedia Press, 1913.

[43] ———, *Physique et métaphysique*, in *Revue des questions scientifiques*, 17e année, vol. 34 (2e série, vol. 4), 1893, pp. 55-83.

[44] ———, *Pierre de Maricourt*, dans *The catholic encyclopedia : An international work of reference on the constitution, doctrine, discipline, and history of the Catholic church*. – Vol. 12 : *Philip - Revalidation* / edited by Charles G. HERBERMANN, Edward A. PACE, Condé B. PALLEN, Thomas J. SHAHAN, and John J. WYNNE. – New York : Robert Appleton Company, 1911. – pp. 79-80. – Réédition : New York : The Encyclopedia Press, 1913.

[45] ———, *Renaissance physics*, dans *Toward modern science*. – Vol. 2 : *Studies in Renaissance science* / edited by Robert M. PALTER. – New York : The Noonday Press, 1961. – pp. 115-131.

[46] ———, *Saxe, Jean de*, dans *The catholic encyclopedia : An international work of reference on the constitution, doctrine, discipline, and history of the Catholic church*. – Vol. 13 : *Revelation – Simon Stock* / edited by Charles G. HERBERMANN, Edward A. PACE, Condé B. PALLEN, Thomas J. SHAHAN, and John J. WYNNE. – New York : Robert Appleton Company, 1912. – p. 493. – Réédition : New York : The Encyclopedia Press, 1913.

[47] ———, *Saxony, Albert of (Albert of Helmstädt)*, dans *The catholic encyclopedia : An international work of reference on the constitution, doctrine, discipline, and history of the Catholic church*. – Vol. 13 : *Revelation – Simon Stock* / edited by Charles G. HERBERMANN, Edward A. PACE, Condé B. PALLEN, Thomas J. SHAHAN, and John J. WYNNE. – New York : Robert Appleton Company, 1912. – pp. 504-505. – Réédition : New York : The Encyclopedia Press, 1913.

[48] ———, *Thierry of Freiburg (or of Saxony)*, dans *The catholic encyclopedia : An international work of reference on the constitution, doctrine, discipline, and history of the Catholic church*. – Vol. 14 : *Simony - Tournély* / edited by Charles G. HERBERMANN, Edward A. PACE, Condé B. PALLEN, Thomas J. SHAHAN, and John J. WYNNE. – New York : Robert Appleton Company, 1912. – p. 635. – Réédition : New York : The Encyclopedia Press, 1913.

[49] ———, *Une science nouvelle : la chimie physique (2)*, in *Revue philomathique de Bordeaux et du Sud-Ouest*, 2e année, 1er juin 1899, n°6, pp. 260-280.

[50] ———, *Usines et laboratoires*, in *Revue philomathique de Bordeaux et du Sud-Ouest*, 2e année, 1er septembre 1899, n°9, pp. 385-400.

[51] FOIX (V.), *Le chanoine Antoine Degert (1858-1931)*, in *Bulletin de la Société de Borda (Dax, Landes)*, 55e année, 1931, 1er trimestre, pp. 33-49.

[52] KNELLER (Carl Alois), *Christianity and the Leaders of Modern Science : A Contribution to the History of Culture in the Nineteenth Century* / translated from the second German edition by T. M. KETTLE with an introduction by T. A. FINLAY with the approbation of the most Rev. Archbishop of Freiburg. – London ; St. Louis ; Freiburg im Breisgau, 1911. – VII, 403 p.

[53] ———, *Das Christentum und die Vertreter der neueren Naturwissenschaft : ein Beitrag zur Kulturgeschichte des 19. Jahrhunderts*. – Freiburg im Breisgau : Herder, 1903. – 266 p.

[54] KOYRÉ (Alexandre), *La pensée moderne*, dans A. KOYRÉ, *Études d'histoire de la pensée scientifique*. – [Paris] : Éditions Gallimard, 1985. – pp. 16-23. – (Tel ; 92).

[55] L. H., *Charles G. Herbermann*, in *The Catholic Historical Review*, vol. 2, 1917, n°4, pp. 436-441.

[56] LEITE (Fábio Rodrigo), *Quelques notes sur le prétendu réalisme structurel attribué à Pierre Duhem*, dans *Pierre Duhem, cent ans plus tard (1916-2016) : actes de la journée d'étude internationale tenue à Tunis le 10 mars 2016, suivis de l'édition française de l'« Histoire de la physique » (1911) de Pierre Duhem* / édités par Jean-François STOFFEL avec la collaboration de Souad BEN ALI. – Tunis : Université de Tunis, 2017. – pp. 123-164.

[57] MAIOCCHI (Roberto), *Chimica e filosofia, scienza, epistemologia, storia e religione nell'opera di Pierre Duhem*. – Firenze : La nuova Italia editrice, 1985. – XII, 445 p. – (Pubblicazioni della Facoltà di lettere e filosofia dell'Università di Milano ; 110 : Sezione a cura del Dipartimento di filosofia ; 5).

[58] PIAT (Clodius), *Descartes, René (Renatus Cartensius)*, dans *The catholic encyclopedia : An international work of reference on the constitution, doctrine, discipline, and history of the Catholic church*. – Vol. 4 : *Cland - Diocesan* / edited by Charles G. Herbermann, Edward A. Pace, Condé B. Pallen, Thomas J. Shahan, and John J. Wynne. – New York : Robert Appleton Company, 1908. – pp. 744-748.

[59] ROUX (Sophie), *Lire « La théorie physique » aujourd'hui*, dans P. DUHEM, *La théorie physique : son objet, sa structure*. – Nouvelle édition [en ligne] / présentation et édition par Sophie ROUX. – Lyon : ENS Éditions, 2016. – pp. 6-31. – (Bibliothèque idéale des sciences sociales).

[60] SCHAFFERS (Victor), *Le R. P. Thirion*, in *Revue des questions scientifiques*, 39e année, vol. 77 (3e série, vol. 27), 20 janvier 1920, n°1, pp. 27-52.

[61] STEIN (J.), *Johann Georg Hagen s.j.* / translated from the German by Matthias F. SCHMITZ, in *Popular Astronomy*, vol. 39, 1931, n°381, pp. 8-14.

[62] STOFFEL (Jean-François), *Le phénoménalisme problématique de Pierre Duhem* / préface de Jean LADRIÈRE. – Bruxelles : Académie royale de Belgique, 2002. – 391 p. – (Mémoire de la Classe des lettres : collection in-8°, 3e série, tome 27).

[63] WYSER (Paulus), *P. Marc de Munnynck O. P. : In Memoriam*, in *Divus Thomas*, vol. 23, 1945, pp. 121-134.

L'« Histoire de la physique » de Pierre Duhem : une histoire synthétique et tranchante

Stefano BORDONI[1]

Université de Bologna – Université de Urbino

Résumé. — Dans le bref essai sur l'histoire de la physique que Pierre Duhem écrivit pour un public américain, nous pouvons apprécier un grand effort de conciliation entre deux exigences opposées : des analyses détaillées des auteurs et des sources et des interprétations unificatrices pour la compréhension de l'histoire entière. L'essai est bien plus qu'une liste d'informations historiques : il nous offre un réseau d'influences, de filiations et de disséminations des théories scientifiques. Duhem était attentif aux processus de longue durée : en particulier, il mit en évidence les processus cycliques et régressifs dans l'histoire de la science aussi bien que les processus évolutifs. La thèse historiographique la plus importante et fréquemment mentionnée est l'attribution d'un rôle crucial à ce qu'il nomma l'École de Paris dans l'émergence d'une nouvelle philosophie naturelle au commencement du XIVe siècle. Il souligna aussi le rôle joué par la condamnation des thèses aristotéliciennes par l'évêque Étienne Tempier en 1277. Duhem voyait la physique newtonienne comme la réalisation complète d'un programme de recherche qui avait été avancé à la fin du XIIIe siècle. Il aimait les hypothèses historiographiques les plus audacieuses, qui offraient des explications originales à des événements cruciaux comme la présumée « Révolution scientifique ».

Abstract. — In his brief essay regarding the history of physics written by Pierre Duhem for an American audience, one can applaud the valiant attempt at conciliation between two conflicting requirements: the detailed analyses of the authors

1. Courriel : stefano.bordoni@gmail.com – stefano.bordoni2@unibo.it

BORDONI (Stefano), ***L'« Histoire de la physique » de Pierre Duhem : une histoire synthétique et tranchante*****, dans** ***Pierre Duhem, cent ans plus tard (1916-2016) : actes de la journée d'étude internationale tenue à Tunis le 10 mars 2016, suivis de l'édition française de l'« Histoire de la physique » (1911) de Pierre Duhem*** **/ édités par Jean-François STOFFEL avec la collaboration de Souad BEN ALI. – Tunis : Université de Tunis, 2017. – pp. 301-310.**

and sources, and the unifying interpretations that make for an overall comprehension of the history involved. The essay is much more than a mere list of historical information: it provides us with a network of influences, affiliations and disseminations with respect to scientific theories. Duhem paid particular attention to long-term processes, putting the emphasis on cyclical and regressive processes in the history of science, as well as evolutionary processes. The most noteworthy and frequently cited historiographic theory is his attribution of a vital role to what he called the *l'École de Paris* in the emergence of a new natural philosophy at the beginning of the fourteenth century. He also highlighted the role that the bishop Étienne Tempier played in the condemnation of Aristotelian theories, in 1277. Duhem regarded Newtonian physics as the ultimate realisation of a research program that had been initiated at the end of the thirteenth century. He highly appreciated the most audacious historiographic hypotheses, which offered original explanations for critical events such as the alleged Scientific Revolution.

L'essai sur l'histoire de la physique, d'environ vingt pages, que Duhem publia, en 1911, dans une encyclopédie américaine et dont le texte original est publié dans ce volume[2], contient une mine d'informations : il représente un effort extraordinaire d'analyse et de synthèse. À côté de ces informations, nous trouvons un réseau d'influences, de filiations et de disséminations de théories scientifiques. Il y a aussi des exemples d'oppositions et de débats entre différents courants conceptuels. Duhem était soucieux de raconter une histoire où les événements, les personnages et les théories étaient plongés dans des processus de longue durée qu'il désirait présenter explicitement au lecteur. On comprend ainsi son *continuisme* historiographique et la référence continuelle à la tradition de la physique *Parisienne* du XIVe siècle[3]. Dans le même temps, Duhem n'a pas caché les processus cycliques et régressifs dans l'histoire de la science comme, par exemple, le retour au modèle des

---

2. Cf. P. DUHEM, *Histoire de la physique*.
3. L'historiographie de Duhem ne fut pas acceptée par ses contemporains, en particulier la thèse de la continuité entre la science médiévale et moderne. La génération suivante d'historiens de la science, notamment Alexandre Koyré, critiqua Duhem, et son historiographie influença Thomas Kuhn et d'autres historiens dans la deuxième moitié du XXe siècle. Ces derniers soulignèrent le rôle joué par les révolutions scientifiques, bien qu'ils essayassent d'intégrer l'histoire de la science avec la philosophie de la science selon la leçon de Duhem (R. ARIEW et P. BARKER, *Pierre Duhem : life and works*, p. XIV).

sphères homocentriques dans la philosophie naturelle du XIIIe siècle [§§ 26-29][4].

Au point de vue historiographique, nous retrouvons les thèses qu'il avait avancées dans les années 1892-1896[5]. Il avait confiance en la possibilité d'une confrontation théorique entre des théories qui étaient distantes dans l'espace et le temps et donc il utilisa le concept de « précurseur » qui sera critiqué, par quelques historiens de la science, dans les décennies suivantes[6]. Par exemple, quand il analysa les modèles astronomiques qui avaient été avancés par Jean Scot Érigène au IXe siècle et par Guillaume de Conches au XIIe siècle, il n'hésita pas à affirmer que ces savants n'étaient pas loin de mériter « le titre de précurseurs de Tycho Brahe » [§ 11]. Le lecteur qui connait l'analyse historique et épistémologique sophistiquée de Duhem sera probablement étonné par l'utilisation fréquente de ce concept et par la présence de remarques tranchantes comme « il n'y a pas de science Arabe » [§ 13], mais Duhem nous a habitué à l'alternance entre positions radicales et

4. Nous renvoyons au texte, publié ci-après, par l'indication, entre crochets, du ou des paragraphe(s) concerné(s).
5. La complexité de la relation entre théorie et expérimentation, le pluralisme théorique, l'holisme épistémologique et, en général, le lien étroit entre historiographie et épistémologie avaient été avancés par Duhem en ces années, avant les grandes transformations qui bouleversèrent la physique au tournant du XXe siècle.
6. En 1939, Hélène Metzger affirmait que le concept de *précurseur* découlait d'une philosophie naïve de l'histoire. Les prétendus précurseurs étaient de simples créations des historiens qui modernisaient arbitrairement quelques thèses ou théories avancées dans une période spécifique de l'histoire. Selon Metzger, le concept de précurseur était la conséquence d'un malentendu intellectuel (H. METZGER, *Le rôle des précurseurs dans l'évolution de la science*, p. 79 et p. 83). Sophie Roux a récemment avancé une interprétation intéressante sur la séparation entre « une sorte d'espace logique » et « le temps proprement logique » dans l'épistémologie et l'historiographie de Duhem. Le concept de précurseur appartiendrait à l'espace logique où la confrontation entre théories chronologiquement éloignées serait possible (S. ROUX, *Lire « La théorie physique » aujourd'hui*, pp. 18-19).

considérations nuancées. C'est vrai qu'il écrivit que les savants musulmans n'ont simplement été « que des disciples plus ou moins fidèles » des Hellènes [§ 13], mais, dans le même temps, il reconnut l'importance de la médiation culturelle musulmane pour l'Occident latin et de l'influence d'Averroès sur les philosophes chrétiens, plus spécifiquement Michael Scot [§§ 24-25].

En général, dans ces pages nous pouvons relever l'empreinte d'une tradition culturelle française qui s'était développée dans la deuxième moitié du XIXe siècle. En particulier, nous voyons des traces de la leçon d'Antoine Augustin Cournot et de Paul Tannery : nous voyons des thèses historiographiques d'ample portée et des analyses textuelles spécifiques et détaillées.

À propos de la science antique, Duhem considérait l'*Almageste* de Ptolémée comme le dernier étage de la grande science Hellène[7]. Quand il analysa la philosophie naturelle d'Averroès et de Moses ben Maimoum (Maïmonide), il souligna justement l'incompatibilité entre l'astronomie de Ptolémée et la physique (ou mieux la philosophie naturelle) d'Aristote, mais d'autres considérations clarificatrices auraient pu aider le lecteur à comprendre un des passages les plus importants de l'histoire de la science. Probablement la thèse historiographique la plus importante et la plus mentionnée dans l'essai de Duhem est l'attribution d'un rôle crucial à l'*École de Paris*, au XIVe siècle, pour la diffusion d'une nouvelle philosophie naturelle différente de celle d'Aristote. Également crucial était le rôle joué par la condamnation des thèses aristotéliciennes en 1277 par l'évêque Étienne Tempier pour l'émergence de cette philosophie nouvelle. En particulier, à propos des débats sur les mouvements de la terre et des étoiles, il ne mentionna pas seulement

7. Paul Tannery avait avancé une thèse plus radicale : « sur les distances du soleil et de la lune », Ptolémée avait fait « rétrograder la science ». Plus récemment, le mathématicien et historien de la science Lucio Russo a soutenu que Ptolémée appartenait à une étape de décadence de la science hellénistique (P. Tannery, *Recherches sur l'histoire de l'astronomie ancienne*, pp. 242-243 ; L. Russo, *La rivoluzione dimenticata*, pp. 17-18 et p. 450).

les remarques cinématiques et cosmologiques d'Oresme et l'ébauche d'un principe de relativité, mais aussi les considérations d'Albert de Helmstädt (Albert de Saxe) sur les interactions entre la géométrie de la Terre et ses transformations géologiques [§§ 16, 30-39 et 43-58].

En différentes pages, il mentionna l'opposition entre ce qu'il nommait « l'école de Paris », ou « la physique de Paris », ou « la logique de Paris », et les écoles aristotéliciennes qui faisaient référence à Averroès, à la tradition d'Alexandre d'Aphrodise et à la tradition Humaniste. En particulier, il insista sur l'opposition à l'astronomie de Ptolémée qui se nourrissait d'une « adoration servile du Péripatétisme » [§ 79]. Dans l'historiographie audacieuse de Duhem, « Averroïstes, Alexandristes et Humanistes » avaient joué un rôle régressif, mais, dans le même temps, ils avaient positivement défié l'astronomie ptolémaïque et avaient objectivement ouvert la voie à Copernic. Il interpréta la théorie dynamique de Jean Buridan de Béthune comme une étape d'un courant scientifique qui s'était développé pendant les siècles et qui allait de Jean Philopon à Newton et à Leibniz. La reconstruction historique et physique est très intéressante, mais quelques clarifications auraient été utiles pour comprendre les différences entre les explications médiévales et celles qui sont plus modernes. Duhem semble se balancer entre l'identification de l'*impetus* de Buridan avec la quantité de mouvement de Descartes et l'identification avec la *force vive* de Leibniz. Il savait parfaitement, et il aurait pu le dire explicitement, que ces identifications n'étaient pas complètement correctes [§§ 54-81 et 172-173].

J'ai déjà remarqué que Duhem était très attentif à la dissémination des connaissances, aux ramifications intellectuelles et institutionnelles et, en général, aux filiations et descendances. Il mentionna Marsile d'Inghen, professeur à Paris, qui devint le recteur de l'Université d'Heidelberg récemment fondée, et Heinrich Heimbuch de Langenstein, qui contribua à la fondation de l'Université de Vienne. À Vienne

émergea une tradition ou école qui donna lieu aux recherches astronomiques de Georg Peurbach et de Johannes Müller de Königsberg (Regiomontanus) au XVe siècle. Cependant, quelques analogies et influences semblent un peu forcées : on peut s'interroger sur la présence d'une loi d'inertie qui serait évidente chez Buridan et Albert, tout comme on peut s'étonner qu'on puisse attribuer à Léonard de Vinci la claire compréhension de la loi de conservation de l'énergie [§ 59 et § 71].

Duhem discuta l'épistémologie de Copernic avec équilibre : il souligna la difficulté de proposer des interprétations trop radicales, c'est-à-dire un Copernic nettement réaliste ou décidemment instrumentaliste. Toutefois, il informa les lecteurs de l'ample utilisation de l'astronomie copernicienne en un sens pragmatique : le modèle mathématique était utilisé pour composer des tables astronomiques fiables, mais sans épouser la cosmologie héliocentrique. Dans ce contexte, il souligna que Giordano Bruno n'avait pas été condamné pour le soutien donné à l'astronomie de Copernic ou à la *physique* d'Oresme [§ 101]. En général, au XVIe siècle, l'Église catholique ne semblait pas trop préoccupée par la diffusion du système copernicien pour la solution des problèmes astronomiques [§ 101].

Duhem voyait Galilée comme le point d'arrivée d'une tradition de recherche qui s'était développée au XVIe siècle et qui mêlait la mathématique d'Archimède avec « la physique Parisienne ». Selon Duhem, qui se reliait à Leibniz, Descartes appartenait à une tradition différente où la physique Parisienne se mêlait à des conceptions physiques aristotéliciennes : un espace vide ne pouvait pas exister et le mouvement pouvait se produire seulement par pression et traction. Pascal était, pour Duhem, le maître ou « un modèle de l'art d'enchaîner logiquement les expériences et les déductions » [§ 192]. Newton était le créateur d'une grande unification où la chute des corps sur la surface de la Terre, le mouvement des planètes autour du Soleil, le mouvement des satellites autour des planètes, la forme de la Terre et des étoiles, et les

marées étaient expliqués par la même loi fondamentale. Duhem voyait la physique newtonienne comme la complète réalisation d'un long processus historique et, plus spécifiquement, du programme de recherche qui avait été avancé à la fin du XIII[e] siècle, quand « la physique chrétienne » avait commencé à envisager l'unification entre la physique céleste et terrestre [§ 217]. L'hypothèse historiographique était très audacieuse, peut-être téméraire, mais elle avait l'avantage d'offrir une généalogie pour la supposée *Révolution scientifique*. Naturellement, on peut discuter si Newton a eu une connaissance claire de la philosophie naturelle d'Oresme et si l'école Parisienne a réellement poursuivi l'unification de la physique terrestre et céleste, mais nous reconnaissons à Duhem le mérite d'avoir été le premier à peupler la prétendue terre inhabitée entre la science antique et la physique moderne.

À propos de l'histoire de l'optique, Duhem se concentra sur l'opposition de longue durée entre les modèles corpusculaires et ondulatoires, et il souligna que, au début du XIX[e] siècle, les savants avaient réussi à expliquer la double réfraction et d'autres phénomènes optiques par les deux modèles antagonistes. Nous trouvons ici la thèse épistémologique selon laquelle deux théories différentes pouvaient expliquer le même domaine de phénomènes, ainsi que la thèse historiographique suivant laquelle la physique s'était développée même par oscillations théoriques entre conceptions mutuellement incompatibles[8]. Dans ce contexte, il reconnut le pouvoir heuristique d'idées qui ne pouvaient pas compter sur une démonstration mathématique indiscutable ni sur des résultats expérimentaux persuasifs. En particulier, il souligna chez

8. L'historiographie de Duhem était organisée autour de deux processus complémentaires : un processus cyclique de changement par lequel une série de théories se succédaient les unes aux autres et un processus de plus longue durée qui assurait un progrès effectif au moyen du perfectionnement des théories successives (P. DUHEM, *Commentaire aux principes de la thermodynamique (1[re] partie)*, p. 269 ; P. DUHEM, *Les théories de l'optique*, pp. 122-125). La même ébauche historiographique avait été avancée par le philosophe et théologien Ernest Naville (E. NAVILLE, *La physique moderne, études historiques et philosophiques*, p. 55).

Fresnel « une puissance étrange de divination », c'est-à-dire la présence d'intuitions sans démonstration : ses textes laissaient un peu à désirer au point de vue de la clarté et de la déduction logique, mais se démontrèrent féconds pour le développement ultérieur de la physique [§ 262].

À propos de l'électricité et du magnétisme, Duhem souligna l'état différent des études sur les deux sujets. Au Moyen Âge, le magnétisme avait déjà été analysé avec une certaine systématisation par Pierre de Maricourt. Au contraire, selon Duhem, au commencement du XVIIIe siècle, les connaissances sur l'électricité n'étaient pas meilleures que celles de Thalès de Milet [§ 235]. C'était un jugement très radical, parce qu'il ne tenait pas compte des recherches qui avaient été poursuivies auprès de la Royal Society de Londres au début du siècle[9]. Cependant, en gros, la remarque n'était pas loin de la vérité, dans la mesure où une théorie systématique des phénomènes électriques n'existait pas encore[10].

L'essai est certainement intéressant pour un lecteur cultivé qui ne connaît pas les étapes fondamentales de l'histoire de la physique depuis l'antiquité jusqu'au XIXe siècle. En même temps, la lecture du texte est intellectuellement stimulante pour l'historien ou le philosophe de la science qui peut y rencontrer les traits caractéristiques de Duhem physicien, historien et philosophe : la maîtrise de la physique et de son his-

9. J. L. HEILBRON, *Electricity in the 17th and 18th centuries*, pp. 160-161 et p. 229.
10. Cournot avait souligné la différence entre, d'une part, les sciences qui avaient été systématisées pendant la période hellénistique (l'astronomie, la mécanique et l'optique) et, d'autre part, le corpus de connaissances désorganisées qui avaient été systématisées seulement au XIXe siècle (la science de la chaleur, l'électricité, le magnétisme, …). Cette séparation fut analysée d'une façon très détaillée par Thomas Kuhn dans les années 1970 (A.-A. COURNOT, *Considérations sur la marche des idées et des événements dans les temps modernes*, pp. 292-294 ; P. DUHEM, *Les théories de l'optique*, p. 94 et p. 118 ; Th. S. KUHN, *Mathematical vs. experimental traditions in the development of physical science*, pp. 4-22).

toire, une sensibilité philosophique, et surtout un esprit aigu et polémique qui avançait les interprétations les plus originales et parfois les plus radicales.

Bibliographie

[1] ARIEW (Roger) – BARKER (Peter), *Pierre Duhem : life and works*, dans DUHEM (Pierre), *Essays in the history and philosophy of science* / translated and edited, with introduction, by Roger ARIEW and Peter BARKER. – Indianapolis ; Cambridge : Hackett Publishing Company, 1996. – pp. VII-XV.

[2] COURNOT (Antoine-Augustin), *Considérations sur la marche des idées et des événements dans les temps modernes*. – Paris : Librairie Hachette et Cie, 1872. – VII, 418 p. + 442 p. (2 vol.).

[3] DUHEM (Pierre), *Commentaire aux principes de la thermodynamique*. – Première partie : *Le principe de la conservation de l'énergie*, in *Journal de mathématiques pures et appliquées*, 4e série, vol. 8, 1892, n°3, pp. 269-330.

[4] ———, *Histoire de la physique* / texte édité par Souad BEN ALI et Jean-François STOFFEL, dans *Pierre Duhem, cent ans plus tard (1916-2016) : actes de la journée d'étude internationale tenue à Tunis le 10 mars 2016, suivis de l'édition française de l'« Histoire de la physique » (1911) de Pierre Duhem* / édités par Jean-François STOFFEL avec la collaboration de Souad BEN ALI. – Tunis : Université de Tunis, 2017. – pp. 311-406.

[5] ———, *Les théories de l'optique*, in *Revue des deux mondes*, vol. 123 (4e période, 64e année), 1er mai 1894, n°1, pp. 94-125.

[6] ———, *Physics, history of*, dans *The catholic encyclopedia : An international work of reference on the constitution, doctrine, discipline, and history of the Catholic church*. – Vol. 12 : *Philip - Revalidation* / edited by Charles G. HERBERMANN, Edward A. PACE, Condé B. PALLEN, Thomas J. SHAHAN, and John J. WYNNE. – New York : Robert Appleton Company, 1911. – pp. 47-67.

[7] HEILBRON (John Lewis), *Electricity in the 17th and 18th centuries : a study of early modern physics*. – Mineola (N.Y.) : Dover, 1999. – XXX, 606 p.

[8] KUHN (Thomas S.), *Mathematical vs. experimental traditions in the development of physical science*, in *Journal of Interdisciplinary History*, vol. 7, 1976, n°1, pp. 1-31.

[9] METZGER (Hélène), *Le rôle des précurseurs dans l'évolution de la science*, in *Thales*, vol. 4, 1937-1939, pp. 199-209, réédité dans H. METZGER, *La méthode philosophique en histoire des sciences : textes 1914-1939* / réunis par Gad FREUDENTHAL. – [Paris] : Librairie Artème Fayard, 1987. – pp. 75-91. – (Corpus des œuvres de philosophie en langue française).

[10] NAVILLE (Ernest), *La physique moderne, études historiques et philosophiques*. – Paris : G. Baillière, 1883. – 278 p.

[11] ROUX (Sophie), *Lire « La théorie physique » aujourd'hui*, dans DUHEM (Pierre), *La théorie physique : son objet, sa structure*. – Nouvelle édition [en ligne] / présentation et édition par Sophie ROUX. – Lyon : ENS Éditions, 2016. – pp. 6-31. – (Bibliothèque idéale des sciences sociales).

[12] RUSSO (Lucio), *La rivoluzione dimenticata : il pensiero scientifico greco e la scienza moderna*. – 7 edizione. – Milano : Feltrinelli, 2013. – 554 p. – (Universale economica : Saggi).

[13] TANNERY (Paul), *Recherches sur l'histoire de l'astronomie ancienne*. – Paris : Gauthier-Villars et fils, 1893. – VIII, 370 p.

Pierre DUHEM

Histoire de la physique[1]

Manuscrit édité par Souad BEN ALI
et Jean-François STOFFEL

Résumé. — Publication du texte français du manuscrit de la notice anglaise intitulée *Physics, history of* et publiée par Pierre Duhem, en 1911, dans le douzième volume de la *Catholic encyclopedia*.

Abstract. — French text publication of the manuscript of the English article entitled *Physics, History of* and published by Duhem in Volume 12 of the 1911 *Catholic Encyclopedia*.

Introduction

Le manuscrit du texte ici publié est conservé, à Paris, dans la boîte n°6 du Fonds Pierre Duhem du Service des archives et du patrimoine de l'Académie des sciences de l'Institut de France. Nous remercions l'ensemble de ce service par le biais de sa directrice, Madame Isabelle Maurin-Joffre. Les modifications que nous avons apportées au texte sont minimes : nous avons systématiquement ajouté l'accentuation aux lettres capitales, ainsi que les traits d'union les plus usuels (« peut-être », « c'est-à-dire », etc.) ; en revanche, nous avons supprimé les majuscules aux mois. Excepté le retrait de paragraphe (incompatible avec notre numérotation automatique desdits paragraphes) et les titres des chapitres que Duhem voulait

1. DUHEM (Pierre), *Physics, history of*, dans *The catholic encyclopedia : An international work of reference on the constitution, doctrine, discipline, and history of the Catholic church*. – Vol. 12 : *Philip - Revalidation* / edited by Charles G. HERBERMANN, Edward A. PACE, Condé B. PALLEN, Thomas J. SHAHAN, and John J. WYNNE. – New York : Robert Appleton Company, 1911. – pp. 47-67.

DUHEM (Pierre), *Histoire de la physique* / texte édité par Souad BEN ALI et Jean-François STOFFEL, dans *Pierre Duhem, cent ans plus tard (1916-2016) : actes de la journée d'étude internationale tenue à Tunis le 10 mars 2016, suivis de l'édition française de l'« Histoire de la physique » (1911) de Pierre Duhem* / édités par Jean-François STOFFEL avec la collaboration de Souad BEN ALI. – Tunis : Université de Tunis, 2017. – pp. 311-406.

voir imprimés en petites capitales (ce qui aurait été non conforme à la mise en page de ce volume), nous avons respecté les indications typographiques renseignées dans le manuscrit : ce qui était souligné en discontinu a été imprimé en caractères espacés ; ce qui était souligné en continu a été mis en *caractères italiques*, du moins lorsqu'il s'agissait de titres d'œuvres ou de mots sur lesquels Duhem entendait attirer notre attention. En revanche, lorsque le même souligné s'appliquait à des noms de personnes pour faire savoir que celles-ci étaient réputées catholiques, conformément à la demande expresse adressée à notre auteur par la *Catholic encyclopedia*, nous avons conservé le souligné afin de faire ressortir cet usage inhabituel. Enfin, nous avons imprimé ~~en rayé~~ le texte qui se trouve barré dans le manuscrit et nous avons signalé par un souligné ondulé le texte ajouté après coup. Ces indications permettront aux lecteurs, nous l'espérons, de suivre Duhem dans son travail de pensée et d'écriture et de prendre conscience, pour ceux qui n'ont jamais eu l'occasion de voir un de ses manuscrits, de la facilité déconcertante avec laquelle il écrivait !

[J.-Fr. S.].

I. Coup d'œil sur la Physique de l'Antiquité

1. Au moment où N.S. J.-C. naissait, la Science ~~grecque~~ hellène avait donné presque tous ses chefs d'œuvre ; il lui restait à produire l'Astronomie de Ptolémée ; mais celle-ci se trouvait déjà, depuis plus d'un siècle, grandement préparée par les travaux d'Hipparque ; lorsqu'au voisinage de l'an 145 après J.-C., l'*Almageste* eût paru, les révélations que la pensée grecque avait faites à l'homme sur la nature du monde extérieur se trouvèrent achevées ; la décrépitude de la Sagesse antique commença ; celles de ses œuvres qui échappèrent aux incendies allumés par les guerriers de l'Islam furent livrées aux interprétations stériles des commentateurs musulmans ; elles attendirent, comme des graines desséchées, le temps où la Chrétienté latine allait leur fournir un terrain favorable ; alors seulement elles reprendraient vie et donneraient des fruits magnifiques.

2. Le temps donc où Ptolémée eut mis la dernière main à la *Grande Syntaxe mathématique de l'Astronomie* nous semble bien choisi pour contempler le domaine de la Physique antique.

3. Ce domaine est, par une frontière infranchissable, séparé en deux régions, qu'ordonnent des lois essentiellements [sic] différentes. De l'orbe de la Lune à la sphère qui enclôt [sic] le Monde, s'étend la région des êtres exempts de la génération, ~~de l~~ du changement et de la mort, êtres parfaits et divins qui sont les sphères des astres et les astres eux-mêmes. À l'intérieur de l'orbe de la Lune se trouve la région de la génération et de la corruption ; là, les quatre éléments et les mixtes qu'ils engendrent par leurs mutuelles combinaisons sont sujets à de perpétuels changements.

4. La Science des astres est dominée par un principe que Platon et les Pythagoriciens ont formulé : Toutes les *apparences* que les corps célestes nous présentent doivent être *sauvées* par des combinaisons de mouvements circulaires et uniformes. Platon a admis, en outre, que ces mouvements circulaires se réduisent aux rotations de globes solides, tous limités par des surfaces sphériques concentriques au Monde et à la Terre ; certaines de ces *sphères homocentriques* portent les étoiles inerrantes ou les astres errants ; Eudoxe, Calippe, Aristote s'efforcent à l'envi au progrès de cette théorie des sphères homocentrique, ~~qu'~~ dont Aristote incorpore les hypothèses fondamentales en sa Physique et en sa Métaphysique. Mais l'Astronomie des sphères homocentriques ne peut sauver tous les phénomènes célestes ; bon nombre de ceux-ci montrent que les astres errants ne demeurent pas toujours à égale distance de la Terre ; Héraclide du Pont, au temps de Platon, puis Aristarque de Samos, vers l'an 280 av. J.-C., tentent de rendre compte de toutes les apparences astronomiques par un système héliocentrique qui est une esquisse du mécanisme copernicain ;

mais les arguments de Physique et les préceptes de Théologie qui proclament l'immobilité de la Terre, ont aisément raison de cette doctrine réduite à une simple ébauche. Alors les travaux d'Apollonius de Perge, qui florissait à Alexandrie en 205 av. J.-C., d'Hipparque, qui observa à Rhodes en 128 et en 127 av. J.-C., enfin de Claude Ptolémée de Péluse, constituèrent un nouveau système astronomique qui laissait la terre immobile au centre du Monde ; ce système fut comme achevé lorsque Ptolémée eût écrit, entre 142 et 146 après J.-C., l'ouvrage qu'il intitulait Μεγάλη μαθηματιχὴ σύνταξις τὴς ἀστρονομίας, et que les chrétiens du Moyen Âge, traduisant le titre que lui avaient donné les Arabes, nommèrent l'*Almageste*. L'Astronomie de l'*Almageste* sauvait toutes les apparences astronomiques avec une précision qui parut longtemps suffisante ; elle les sauvait au moyen de combinaisons de mouvements circulaires ; mais des cercles décrits, les uns étaient *excentriques* au Monde, les autres étaient des *cercles épicycles* dont les centres décrivaient des *cercles déférents* concentriques ou excentriques au Monde ; en outre, le mouvement sur le déférent n'était plus uniforme ; il le semblait seulement lorsqu'il était vu du *centre de l'équant*. En un mot, pour construire un agencement cinématique qui fût en état de représenter exactement les phénomènes, les astronomes dont Ptolémée achevait l'œuvre avaient dû faire bon marché des propriétés que la Physique d'Aristote attribuait à la substance céleste ; entre cette Physique et l'Astronomie des excentriques et des épicycles une lutte ardente allait se poursuivre jusqu'au milieu du XVIe siècle.

5. La Physique des corps sublunaires se trouvait, au temps de Ptolémée, beaucoup moins avancée que la Physique des mouvements célestes ; de cette science des êtres soumis à la génération et à la corruption, deux chapitres seulement avaient atteint un certain degré de perfection ; ce sont l'*Optique*, que l'on nommait *Perspective*, et la *Statique*.

6. La loi de la réflexion était déjà connue au temps d'Euclide, vers 320 av. J.-C. ; on attribue, probablement à tort, à ce géomètre, un *Traité des miroirs* où les principes de la *Catoptrique* sont correctement posés ; plus difficile, la *Dioptrique* se développa plus lentement ; Ptolémée savait déjà que l'angle de réfraction n'est pas proportionnel à l'angle d'incidence ; pour déterminer la relation qui existe entre ces deux angles, il avait entrepris des expériences dont les résultats sont remarquablement exacts.

7. La *Statique* s'était développée plus complètement que l'*Optique*. Les *Questions mécaniques* attribuées à Aristote sont une première tentative pour organiser cette Science ; on y trouve une sorte d'ébauche du principe des vitesses virtuelles, destinée à justifier la loi d'équilibre du levier ; on y trouve surtout l'idée géniale de ramener à la loi du levier la théorie de toutes les machines simples. Une élaboration, à laquelle Euclide semble avoir pris part, mena la Statique à l'état où Archimède (vers 287-212 av. J.-C.) la reçut pour la porter à un haut degré de perfection ; ~~les~~ il suffira de citer ici les œuvres de génie où le grand Syracusain a traité de l'équilibre des poids pendus aux deux bras d'un levier, de la recherche des centres de gravité, de l'équilibre des liquides et des corps flottants. Trop savants, les traités d'Archimède ne furent guère lus par les mécaniciens qui succédèrent à ce géomètre ; on leur préféra des écrits plus faciles et plus pratiques, construits à l'imitation des *Questions mécaniques* d'Aristote ; divers traités de Héron d'Alexandrie nous ont conservé le type de ces écrits de décadence.

II. Les débuts de la Science chrétienne

8. Peu après la mort de Ptolémée, la Science chrétienne naît à Alexandrie avec Origène (vers 180-253) ; en un fragment, conservé par Eusèbe, de ses *Commentaires à la Genèse*, Origène se

montre instruit des plus récentes découvertes de l'Astronomie, notamment de la précession des équinoxes.

9. Mais les écrits où les Pères de l'Église commentent l'œuvre des six jours de la Création, notamment ceux de Saint Basile et de Saint Ambroise, ne font plus à la Physique hellénique que des emprunts peu importants ; ils portent la marque de la méfiance à l'égard des enseignements de la Science grecque. Cette méfiance est engendrée par deux préoccupations. En premier lieu, l'Astronomie s'inféode de plus en plus à l'Astrologie dont l'Église poursuit les superstitions. En second lieu, entre les propositions essentielles de la Physique péripatéticienne et ce que l'on croit être l'enseignement des Livres saints, des contradictions apparaissent ; ainsi pense-t-on que la Genèse enseigne la présence de l'eau au dessus du ciel des étoiles fixes (firmament) ce qui est incompatible avec la théorie aristotélicienne du lieu naturel des éléments. Les débats soulevés par cette question donnent occasion à Saint Augustin de tracer de prudentes règles d'exégèse ; il recommande aux chrétiens de ne pas donner à la légère, comme dogmes de foi, des propositions contredites par une science physique appuyée sur de sérieuses expériences.

10. [...] En Saint Isidore de Séville († 636), nous trouvons un évêque qui regarde comme légitime, chez les chrétiens, le désir de connaître les enseignements de la Science profane et qui s'efforce de satisfaire cette curiosité. Les *Étymologies* et son *De natura rerum* ne sont que des compilations de fragments empruntés à tous les auteurs païens ou chrétiens qu'il connaissait. Ces ouvrages servent de types, durant le haut Moyen Âge latin, à de nombreuses encyclopédies dont les mieux connues sont le *De natura rerum* du Vénérable Bède (vers 672-735) et le *De universo* de Raban Maur (776-856).

11. Cependant, les sources auxquelles les chrétiens d'Occident puisaient la connaissance de la Physique antique allaient devenaient

de jour en jour plus nombreuses ; à l'*Histoire naturelle* de Pline l'Ancien, que Bède lisait déjà, étaient venus se joindre le *Commentaire* de Chalcidius au *Timée* de Platon et les *Noces de la Philologie et de Mercure* de Martianus Capella ; ces divers ouvrages inspirent la Physique de Jean Scot Ériugène. Avant l'an mil, un nouvel écrit platonicien, le *Commentaire au songe de Scipion* composé par Macrobe, se trouve en grande faveur dans les écoles. Sous l'influence des divers traités que nous venons de citer, l'auteur inconnu du *De mundi constitutione liber* faussement attribué au Vénérable Bède, et Guillaume de Conches (1080-1150 ou 1154) admettent une théorie des planètes qui fait de Vénus et de Mercure des satellites du soleil ; Jean Scot Ériugène était allé plus loin ; il avait également pris le Soleil pour centre des circulations de Mars et de Jupiter ; s'il eût étendu cette hypothèse à Saturne, il eût mérité le titre de précurseur de Tycho Brahé.

III. Coup d'œil sur la Physique Arabe

12. Les auteurs dont nous avons parlé jusqu'ici n'avaient guère connu la Science hellène que par l'intermédiaire de la tradition latine ; voici venir le temps où elle ~~leur~~ sera beaucoup plus complètement révêlée [sic] aux chrétiens d'occident par l'intermédiaire de la tradition musulmane.

13. Il n'y a pas de Science arabe ; par rapport aux Hellènes, les sages de l'Islam n'ont jamais été que des disciples plus ou moins fidèles, mais dénués de toute originalité. Ils ont, par exemple, composé de nombreux abrégés de l'*Almageste* de Ptolémée, ils ont fait de multiples observations et construit un grand nombre de tables astronomiques, mais ils n'ont rien ajouté d'essentiel aux théories des mouvements astronomiques ; leur seule innovation en ce sens, in-

novation assez malheureuse d'ailleurs, est la doctrine du mouvement oscillatoire des points équinoxiaux, que le Moyen Âge a attribuée à Thâbit ibn Kurrah (836-901) mais qui fut probablement imaginée beaucoup plus tard par Al-Zarkali qui observait de 1060 à 1080 ; encore ce mouvement n'est-il qu'une adaptation d'un mécanisme conçu par Ptolémée pour un tout autre objet.

14. En Physique, les savants arabes se sont bornés à commenter les dires d'Aristote, et ce commentaire est souvent de la plus grande servilité ; cet asservissement intellectuel à l'enseignement péripatéticien est au comble en l'esprit ~~d'Averroès~~ d'Ibn Rosch, que les Scolastiques latins ont nommé Averroès (vers 1120-1198) ; Averroès déclarait qu'Aristote « avait fondé et achevé la Logique, la Physique et la Métaphysique,… parce qu'aucun de ceux qui l'ont suivi jusqu'à notre temps, c'est-à-dire pendant quatre cents ans, n'ont pu rien ajouter à ses écrits ni y trouver une erreur de quelque importance. »

15. Ce respect sans mesure pour la parole d'Aristote poussait bon nombre de philosophes arabes à combattre l'Astronomie de Ptolémée au nom de la Physique péripatéticienne ; la lutte contre les hypothèses des excentriques et des épicycles fut inaugurée par Ibn Bâdja, l'Avempace des Scolastiques († 1138), et par Abou Bakr ibn Tofaïl, l'Abubacer des Scolastiques († 1185) ; elle fut vigoureusement menée par Averroès, protégé d'Ibn Tofaïl ; un autre disciple d'Ibn Tofaïl, contemporain d'Averroès, Abou Ishâk Ibn al Bitrogi, l'Alpetragius des Scolastiques, présenta une théorie des mouvements des planètes où il prétendait sauver les apparences offertes par les astres errants en composant des rotations de sphères homocentriques ; son traité, plus néo-platonicien que péripatéticien, semble être un livre grec remanié ou simplement plagié.

16. Moins absolu en son péripatétisme qu'Averroès et Al Bitrogi, le Juif Moses ben Maimoun dit Maïmonides (1139-1204) accepte

l'Astronomie de Ptolémée en dépit des contradictions que lui oppose la Physique d'Aristote ; mais il regarde comme absolument vraie la Physique sublunaire du Stagirite.

IV. Influence de la tradition arabe sur la Scolastique latine

17. On ne saurait dire à quelle époque les premières traductions d'écrits arabes commencèrent d'être reçues par les chrétiens d'occident, mais cette époque précède sûrement le temps de Gerbert qui prit, en devenant pape, le nom de Sylvestre II (vers 930-1003) ; Gerbert use déjà de traités, traduits de l'Arabe, où l'on enseigne l'emploi d'instruments astronomiques et notamment, de l'astrolabe ; c'est à l'astrolabe qu'Hermann Contract (1013-1054) consacre une partie de ses recherches mathématiques.

18. Au début du XIIe siècle, les apports de la Science et de la Philosophie islamiques au sein de la Chrétienté latine deviennent de plus en plus fréquents et de plus en plus importants ; vers 1120 ou 1130, Adélard de Bath traduit les éléments d'Euclide et divers traités astronomiques ; en 1141, Pierre le Vénérable, abbé de Cluny, trouve deux traducteurs, Hermann le Second ou le Dalmate et Robert de Rétines, établis en Espagne ; il leur fait mettre le Coran en latin ; en 1143, ces mêmes traducteurs font connaître à la Chrétienté le *Planisphère* de Ptolémée.

19. Bientôt, sous la direction de Don Raimond, archevêque de Tolède en 1130 et mort en 1150, commence la collaboration de ~~Dominique~~ Domengo Gondisalvi ou Gonsalvi, archidiacre de Ségovie, et du juif converti Jean de Luna, faussement nommé Jean de Séville (Johannes Hispalensis) ; tandis que Jean de Luna se livre à des travaux personnels de Mathématiques, il aide Gondisalvi

(Gundissalinus) à mettre en latin une partie de la ~~Méta~~ *Physique* d'Aristote, le *De Caelo*, la *Métaphysique*, des traités d'Avicenne, d'Al-Gazali, d'Al Farabi et, peut-être, d'Avicébron ; Jean de Luna traduit vers 1134 le traité d'Astronomie d'Al Fergani, abrégé de l'*Almageste* et, par-là, il initie les chrétiens au système de Ptolémée ; en même temps, les traductions qu'il a faites en collaboration avec Gondisalvi font connaître aux latins les doctrines physiques et métaphysiques du Stagirite ; l'influence de la Physique d'Aristote transparaît déjà dans les écrits des plus célèbres maîtres de l'École de Chartres, de Thierry de Chartres (1121-avant 1155) et de Gilbert de la Porrée (1070-1154).

20. L'abrégé d'Astronomie d'Al Fergani, traduit par Jean de Luna, ~~avait déjà~~ ne paraît pas être le premier ouvrage où les latins aient pu lire l'exposé du système de Ptolémée ; il avait, sans doute, été précédé de quelques années par un écrit plus complet, le *De Scientia stellarum* d'Al Battâni, que Platon de Tivoli avait mis en latin vers 1120.

21. Mais on ne connaissait pas encore l'*Almageste* lui-même ; Gérard de Crémone († 1187) quitta l'Italie et se rendit à Tolède, ~~dans le~~ mû par le désir de lire et de traduire l'œuvre immortelle de Ptolémée ; il exécuta, en effet, cette traduction et l'acheva en 1175.

22. Outre l'*Almageste*, Gérard mit en latin d'autres ouvrages dont nous possédons la liste ; elle ~~comprend~~ contient soixante quatorze traités différents. Les uns sont des ouvrages d'origine hellénique ; ils comprennent une grande partie de l'œuvre d'Aristote, un traité d'Archimède, les *Éléments* d'Euclide complétés par Hypsiclès, des livres d'Hippocrate. D'autres sont des écrits arabes, tel que le célèbre *Livre des trois frères* composé par les Beni Mûsa, l'*Optique* d'Alhazen, l'*Astronomie* de Geber, le *De motu octavæ sphæræ* de Thâbit ibn Kûrrah.

23. En outre, Gérard, pour répandre l'étude de l'Astronomie ptoléméenne, composa à Tolède sa *Théorie des planètes* ; ce livre devint, au Moyen Âge, un des classiques de l'enseignement astronomique ; lorsque le commençant s'était initié aux premières connaissances cosmographiques par l'étude de la *Sphæra*, composée vers 1230 par Johannes de Sacro Bosco, c'est-à-dire par John d'Holywood [2] (aujourd'hui Halifax), il s'exerçait à l'intelligence des excentriques et des épicycles par la lecture des *Theoricæ planetarum* de Gérard de Crémone ; jusqu'au ~~milieu~~ XVIe siècle, la plûpart [sic] des traités astronomiques ont revêtu la forme ~~[…]~~ de commentaires soit à la *Sphæra*, soit aux *Theoricæ planetarum*.

24. « La philosophie d'Aristote, » écrivait Roger Bacon en 1267, « a pris un grand développement chez les Latins lorsque Michel Scot apparut, vers l'an 1230, apportant certaines parties des traités mathématiques et physiques d'Aristote et de ses savants commentateurs. » Parmi les écrits arabes que Michel Scot (~~vers~~ avant 1200-1291), astrologue de Frédéric II, fit connaître aux chrétiens se trouvent, en effet, les commentaires d'Averroès sur les traités d'Aristote et la *Théorie des planètes* qu'Al Bitrogi avait composée selon l'hypothèse des sphères homocentriques ; ~~cette Theo~~ la traduction de ce dernier ouvrage fut achevée en 1217.

25. En répandant parmi les Latins la connaissance non seulement des traités d'Aristote, mais encore des commentaires d'Averroès et de la théorie des planètes d'Al Bitrogi, Michel Scot détermina parmi eux le développement d'une disposition intellectuelle que l'on peut nommer l'Averroïsme. L'Averroïsme consiste en un respect superstitieux de la parole d'Aristote et de son Commentateur.

---

2. NOTE DE L'ÉDITEUR : En cet endroit, le manuscrit comporte une erreur de numérotation, puisqu'il passe de la page 19 à la page 21, alors que le texte se suit tout à fait normalement.

26. Il y eût un Averroïsme métaphysique qui, en ~~défendant~~ professant la doctrine de l'unité substantielle de toutes les intelligences humaines, se mit en lutte ouverte avec l'orthodoxie chrétienne ; mais il y eut [sic] aussi un Averroïsme physique. En son aveugle confiance à la Physique péripatéticienne, l'Averroïsme scientifique tenait pour indubitable tout ce que cette Physique enseignait au sujet de la substance céleste ; en particulier, il rejetait le système des épicycles et des excentriques pour prôner l'Astronomie des sphères homocentriques d'Al Bitrogi.

27. L'Averroïsme scientifique trouva des partisans même parmi ceux que la pureté de leur foi contraignait de lutter contre l'Averroïsme métaphysique ; ceux-là, bien souvent, étaient péripatéticiens autant qu'ils le pouvaient être sans contredire formellement à l'enseignement de l'Église. Guillaume d'Auvergne († 1249), par exemple, qui est le premier à lutter ~~[…]~~ sur le terrain de la Métaphysique, contre « Aristote et ses sectateurs », se laisse quelque peu séduire par l'Astronomie d'Al Bitrogi, qu'il comprend mal d'ailleurs. Albert le Grand (1193 ou 1205-1280) suit, en bien des cas, la doctrine de Ptolémée ; mais, parfois, il se laisse ébranler par les objections d'Averroès ou bien il s'inspire des principes d'Al-Bitrogi. En son *Speculum quadruplex*, vaste compilation encyclopédique publiée vers 1250, Vincent de Beauvais semble attacher une grande importance au système d'Alpetragius, dont il emprunte l'exposition à Albert le Grand. Enfin, saint Thomas d'Aquin (1227-1274) se montre extrêmement perplexe entre la théorie des excentriques et des épicycles, qui sauve les apparences célestes en contredisant aux principes de la Physique péripatéticienne, et la théorie d'Al Bitrogi qui respecte ces principes mais ne va pas jusqu'à représenter en détail les phénomènes.

28. L'hésitation que nous constatons en l'École dominicaine n'est guère moindre en l'École franciscaine. Robert Grosse Teste (vers

1175-1253), dont l'influence fut grande sur les études franciscaines, suivait le système de Ptolémée en ses écrits astronomiques, et s'inspirait des idées d'Al Bitrogi en sa Physique. Saint Bonaventure (1221-1274) demeurait indécis entre des doctrines qu'il connaissait, d'ailleurs, assez mal. Roger Bacon (1214-1292), enfin, en plusieurs de ses écrits, pesa avec grand soin les arguments que l'on pouvait faire valoir pour ou contre chacune des deux théories astronomiques, sans jamais parvenir à faire un choix. Bacon connaissait cependant un mode de figuration du système des excentriques et des épicycles que l'~~arable~~ arabe Ibn al Haitham, l'Alhazen des Scolastiques, avait emprunté aux Grecs ; en cette figuration, tous les mouvements admis par Ptolémée se trouvent ramenés à des rotations d'orbes solides emboités [sic] exactement les uns dans les autres ; ce modèle, qui mettait en défaut la plûpart [sic] des objections élevées par Averroès contre l'Astronomie ptoléméenne, contribua grandement à répandre la connaissance de cette Astronomie ; il semble que le premier des Latins qui l'ait adopté et prôné soit le franciscain Bernard de Verdun (fin du XIIIe siècle) qui avait lu les écrits de Bacon.

29. En leur Physique des choses sublunaires, les auteurs que nous venons de citer n'éprouvent plus les hésitations qui ~~les~~ rendent si perplexes leurs doctrines astronomiques ; ils suivent très exactement, à peu près en tout point, les opinions péripatéticiennes.

V. La Science d'observation et ses progrès – Les astronomes – La Statique de Jordanus – Thierry de Fribourg – Pierre de Maricourt

30. L'Averroïsme eût rendu impossible tout progrès scientifique ; il allait heureusement rencontrer, en la Chrétienté latine, deux puissants adversaires : la libre curiosité de la raison humaine et l'autorité de l'Église.

31. Les astronomes secouèrent rudement, au nom de la certitude engendrée par l'expérience, le joug que la Physique péripatéticienne prétendait leur imposer. L'École de Paris, en particulier, se fait remarquer par son sens critique et sa libre allure à l'égard des arguments d'autorité. En 1290, Guillaume de Saint-Cloud détermine, avec une remarquable exactitude, l'obliquité de l'écliptique et l'époque de l'équinoxe de printemps ; ses observations lui font reconnaître les inexactitudes qui entachent les *Tables de Tolède* dressées par Al Zarkali. ~~En la première moitié du XIVe siècle,~~ La théorie de la précession des équinoxes imaginée par les astronomes du roi de Castille Alphonse X, et les *Tables alphonsines* dressées selon cette théorie, suscitent, en la première moitié du XIVe siècle, les observations, les calculs et les discussions critiques des astronomes parisiens, particulièrement de Jean des Linières et de son élève Jean de Saxonia ou de Connaught.

32. À la fin du XIIIe siècle et au commencement du XIVe siècle, la Physique des choses sublunaires doit aussi de grands progrès aux efforts simultanés des géomètres et des expérimentateurs, dont Roger Bacon vante la méthode et les découvertes, encore qu'il ~~n'ait pas~~ ne prenne qu'une part peu importante à leur labeur.

33. Jordanus ~~[…]~~ de Nemore (de Némi ?), mathématicien de talent, qui écrivit au plus tard vers le commencement du XIIIe siècle ses traités d'Arithmétique et de Géométrie, a laissé un très court traité de Statique où, à côté de propositions erronées, on trouve la loi de

l'équilibre du levier droit très correctement établie à l'aide du principe des déplacements virtuels. Le traité *De ponderibus* de Jordanus a provoqué les recherches de divers commentateurs : l'un d'eux dont le nom est inconnu et qui écrivit sûrement avant la fin du XIII[e] siècle, a tiré du même principe des déplacements virtuels des démonstrations, admirables de rigueur et d'élégance, de la loi d'équilibre du levier coudé et de la pesanteur apparente (*gravitas secundum situm*) d'un grave sur un plan incliné.

34. Le *Traité de perspective* d'Ibn al Haitam (Alhazen) était fort lu par Roger Bacon et ses contemporains. Le franciscain anglais Jean Peckham (1228-1291) en donna un résumé. Le « thuringopolonus » Witelo ou Witek composa vers 1270 un volumineux traité d'Optique en X livres, qui demeura classique jusqu'au temps de Képler et que ce dernier commenta.

35. La théorie de l'arc-en-ciel avait grandement préoccupé Albert le Grand, Roger Bacon, Jean Peckham et Witelo ; tous, d'ailleurs, comme les météorologistes anciens, prenaient l'arc pour une image du soleil réfléchie en une sorte de miroir concave ~~que formait~~ formée [sic] par la nuée qui se résout en pluie. En l'an 1300, le dominicain Thierry de Fribourg, à l'aide d'expériences, fort bien conduites, où il employait des boules de verre remplies d'eau, montra que les rayons qui nous font voir l'arc ont été réfléchis à l'intérieur des gouttes d'eau sphériques, il traça très exactement la marche des rayons qui fournissent chacun des deux arcs-en-ciel.

36. La théorie de Thierry de Fribourg, du moins en ce qui concerne le premier arc-en-ciel, fut reproduite vers 1360 par Thémon le fils du Juif. Du commentaire aux *Météores* composé par ce dernier, elle passa, plus ou moins déformée, au temps de la Renaissance, dans les écrits d'Alessandro Piccolomini, de Simon Porta, de de Dominis et put ainsi se propager jusqu'au temps de Descartes.

37. L’étude de l’aimant avait également fait, au cours du XIIIe siècle, de très grands progrès ; l’aimantation permanente du fer, les propriétés des pôles magnétiques, le sens des actions que ces pôles éprouvent de la part de la terre ou qu’ils exercent les uns sur les autres se trouvent très précisément décrites en un traité composé en 1269 par Pierre de Maricourt (Petrus Peregrinus). Comme l’écrit de Thierry de Fribourg sur l’arc-en-ciel, l’*Epistola de magnete* de Pierre de Maricourt est un modèle de l’art […] d’enchaîner logiquement les expériences et les déductions.

IV. Les Articles de Paris (1277) – La possibilité du vide

38. Contre la superstition averroïste, servilement attachée à la parole d’Aristote, l’esprit de libre recherche trouva un auxiliaire puissant en l’autorité ecclésiastique.

39. L’Université de Paris s’était bien souvent inquiétée de l’antagonisme qui existait entre les dogmes chrétiens et certaines doctrines du Péripatétisme ; aussi, avait-elle, à plusieurs reprises, combattu l’influence d’Aristote. En 1277, Étienne Tempier, évêque de Paris, après avoir pris conseil des théologiens de la Sorbonne, condamna un grand nombre d’erreurs qui découlaient les unes de l’Astrologie et les autres de la Philosophie péripatéticienne. Parmi ces erreurs, jugées dangereuses pour la foi catholique, il en est plusieurs qui eussent entravé les progrès de la Science physique. Ainsi les théologiens de Paris déclaraient erronée l’opinion selon laquelle Dieu lui-même ne pourrait donner à l’Univers entier un mouvement rectiligne, car l’Univers laisserait le vide derrière lui ; ils déclaraient erronée l’opinion suivant laquelle Dieu lui-même ne pourrait créer plusieurs mondes. Ces condamnations ruinaient certains des fondements essentiels de la Physique péripatéti-

cienne ; telle proposition, absurde dans le système d'Aristote, devenait possible, au moins à l'égard de la toute puissance divine, en attendant que la Science la ~~déclarât~~ reçût comme vraie.

40. La Physique d'Aristote, par exemple, traitait l'existence d'un espace vide comme une pure absurdité ; en vertu des « articles de Paris », Richard de Middletown, vers 1280, et beaucoup de maîtres de Paris ou d'Oxford après lui, admirent que les forces de la nature s'opposent, il est vrai, à la production de tout espace vide, mais que la réalisation d'un tel espace n'est pas, en soi, contradictoire ; on pouvait donc, sans absurdité, raisonner sur le vide et sur le mouvement dans le vide ; or que de tels raisonnements fussent légitimes, cela était nécessaire pour que la Dynamique pût être créée.

VII. Le mouvement de la terre – Nicole Oresme

41. Les « articles de Paris » rendirent à la question du mouvement de la terre des services analogues à celui qu'ils ont rendu au progrès de la Dynamique en faisant regarder le vide comme concevable.

42. Pour Aristote, le ciel suprême se mouvait d'un mouvement de rotation uniforme et la Terre était absolument ~~uniforme~~ immobile ; ces deux propositions résultaient nécessairement des premiers principes relatifs au lieu et au temps ; on ne pouvait les nier sans absurdité. Que ces propositions ne s'imposassent pas de nécessité logique, les théologiens de la Sorbonne l'avaient déclaré en affirmant, contre elles, que Dieu pouvait mouvoir le Monde d'un mouvement rectiligne. Dès lors, tout en continuant à admettre qu'en fait, la Terre est immobile et le Ciel mû d'une rotation diurne, Richard de Middletown et ~~Du~~ Jean de Duns Scot (vers 1275-1308) commencèrent à discourir des hypothèses où ces corps seraient

animés d'autres mouvements, et toute l'École de Paris suivit leur exemple.

43. Bientôt, ~~[…]~~ le mouvement de la Terre fut, en cette École de Paris, enseigné non plus seulement comme une possibilité, mais comme une réalité.

44. Précisant, en effet, certaines indications d'Aristote et de Simplicius, on en vint à formuler ce principe qui, pendant trois siècles, allait jouer un grand rôle en Statique : Tout corps pesant tend à conjoindre son centre de gravité au centre du Monde.

45. En ses *Questions* sur le *De Caelo* d'Aristote, composées en 1368, Albert de Helmstädt ou de Saxe admettait ce principe et l'appliquait à la masse entière de l'élément terrestre ; le centre de gravité de cette masse tend constamment à se placer au centre du Monde ; mais au sein de la masse terrestre, la position du centre de gravité change sans cesse ; la principale cause de cette variation est l'érosion causée par les fleuves et les rivières qui rongent continuellement la terre ferme dont ils creusent les vallées, et qui entraînent au fond des mers les matières arrachées ; de là, un déplacement de poids qui entraîne, pour le centre de gravité, un continuel changement de situation ; la terre, pour replacer ce centre de gravité au centre du Monde, se meut sans cesse ; en même temps, un échange lent, mais continuel, se produit entre les continents et les océans.

46. Albert de Saxe va jusqu'à penser que tels mouvements petits et incessants de la terre pourraient expliquer le phénomène de la précession des équinoxes.

47. Le même auteur nous apprend qu'un de ses maîtres, dont il ne nous donne pas le nom, se prononçait en faveur ~~du mouvement~~ de la rotation diurne de la terre ou, du moins, que ce maître réfutait les arguments que l'on opposait à ce mouvement.

48. Ce maître eut un disciple convaincu en Nicole Oresme. En 1377, celui-ci, alors chanoine de Rouen et bientôt évêque de Lisieux,

écrivit en français un commentaire au *Traité du Ciel* d'Aristote. Il y soutint avec autant de force que de clarté que l'expérience ni le raisonnement ne peuvent décider si le mouvement diurne appartient au Ciel des étoiles fixes ou à la Terre. Il montra également comment on doit interpréter les difficultés tirées « de la Sainte Écriture qui dit que le Soleil tourne etc. L'on dirait qu'elle se conforme en cette partie à la manière du commun parler humain, aussi comme elle fait en plusieurs lieux, comme là où il est écrit que Dieu se repentit, et se courrouça, et se rapaisa [sic], et telles choses qui ne sont pas ainsi comme la lettre sonne. ». Enfin Oresme indiqua plusieurs considérations favorables à l'hypothèse du mouvement diurne de la terre.

49. Pour réfuter l'une des objections que les péripatéticiens élevaient contre le mouvement diurne de la Terre, Oresme est amené à expliquer comment, en dépit de ce mouvement, les corps graves semblent tomber suivant la verticale ; il admet que leur mouvement réel se compose d'une chute suivant la verticale et d'une rotation diurne identique à celle qu'ils auraient s'ils étaient relié [sic] à la terre ; c'est exactement le principe qu'invoquera encore Galilée.

VIII. La pluralité des mondes

50. Aristote soutenait que l'existence simultanée de plusieurs mondes serait une absurdité ; le principal argument invoqué par lui était tiré de sa théorie de la pesanteur ; il en concluait qu'il ne saurait exister deux terres distinctes, entourées chacune de leurs éléments, en sorte qu'il serait absurde d'assimiler chacune des planètes à une terre semblable à la nôtre.

51. Les théologiens de Paris, en 1277, condamnèrent cette doctrine comme négation de la toute puissance créatrice de Dieu ; aussi, Richard de Middletown et Henri de Gand, qui écrivaient vers 1280, Guillaume Varon, qui commentait les *Sentences* vers 1300, puis, vers 1320, Jean de Bassols, Guillaume d'Ockam (mort après 1347), Walter Burleigh (mort après 1343) n'hésitèrent pas à déclarer que Dieu pouvait créer plusieurs mondes semblables au nôtre. Cette doctrine fut adoptée par plusieurs des maîtres parisiens ; elle exigeait que la théorie de la pesanteur et du lieu naturel, développée par Aristote, fût profondément remaniée ; on lui substitua, en effet, la théorie suivante : Si l'on détache quelque partie de l'un des éléments qui forment un monde et si on l'éloigne de ce monde, elle tend à se porter vers le monde auquel elle appartient et dont elle a été séparée ; en chaque monde, les éléments tendent à se disposer de telle sorte que les plus lourds soient au centre et les plus légers à la surface ; cette théorie de la pesanteur apparaît déjà dans les écrits de Jean Buridan, de Béthune, recteur de l'Université de Paris en 1327 et qui enseigna en cette Université jusqu'au voisinage de l'an 1360 ; en 1377, Nicole Oresme la propose formellement. Cette théorie est celle qu'adopteront Copernic et ses premiers partisans, que garderont Galilée, Guillaume Gilbert et Otto de Guericke.

IX. La Dynamique – La théorie de l'*impetus*. L'inertie – Identité de la Mécanique céleste et de la Mécanique sublunaire

52. Si la théorie péripatéticienne de la pesanteur s'est vue profondément transformée par l'École de Paris, la Dynamique d'Aristote n'y a pas été moins complètement bouleversée.

53. Convaincu qu'en tout mouvement, le moteur doit être directement contigu au mobile, le Stagirite avait proposé une étrange théorie

du mouvement des projectiles ; il admettait que le projectile était mû par le milieu fluide, air ou eau, que ce projectile traversait, et cela en vertu de l'ébranlement que ce fluide avait reçu au moment du lancement et qui se propageait en lui. Cette explication avait été vivement combattue, au VIe siècle de notre ère, par le Stoïcien chrétien Jean Philopon ; ~~Philopon soutenait que~~ selon Philopon, le projectile ~~continuerait à se mouvoir~~ est mû par une certaine vertu ~~[…]~~ qui a été imprimée en lui au moment où il a été lancé ; mais, en dépit des objections de Philopon, les divers commentateurs d'Aristote et, en particulier, Averroès avaient continué d'attribuer le mouvement du projectile à l'ébranlement de l'air ; Albert le Grand, saint Thomas d'Aquin, Roger Bacon, Gilles de Rome, Walter Burley avaient gardé cette erreur.

54. Par une très vive argumentation, Guillaume d'Ockam mit en évidence toute l'absurdité de la théorie péripatéticienne du mouvement des projectiles. Reprenant la thèse de Jean Philopon, Jean Buridan donna le nom d'*impetus* à la vertu ou puissance imprimée dans le projectile par la main ou par l'instrument qui le lance ; il admit qu'en un mobile donné, cet *impetus* était d'autant plus grand que la vitesse était plus grande ; en des mobiles différents, mûs avec la même vitesse, les quantités d'*impetus* sont proportionnels à la masse ou quantité de matière définie comme la définira Newton.

55. En un projectile, l'*impetus* est peu à peu détruit par la résistance de l'air ou du milieu ; il l'est aussi par la pesanteur naturelle du mobile, dont la tendance est opposée à celle de l'*impetus* si le projectile a été lancé vers le haut ; par cette lutte, s'expliquent les diverses particularités du mouvement des projectiles.

56. En un corps qui tombe, la gravité vient en aide à l'*impetus* ; elle accroît donc d'instant en instant cet *impetus*, en sorte que la vitesse de chute croît sans cesse.

57. À l'aide de ces principes relatifs à l'*impetus*, Buridan rend compte des oscillations du pendule ; il analyse également le mécanisme du choc et du rebondissement ; à cette occasion, il émet des vues fort justes sur les déformations et les réactions élastiques qui ont leur siège dans les parties contiguës de deux corps qui se choquent. Presque toute cette doctrine de l'*impetus* se transforme en une théorie mécanique très correcte si l'on a soin de substituer le mot *force vive* au mot *impetus*.

58. La Dynamique ~~soutenue~~ exposée par Jean Buridan fut pleinement adoptée par Albert de Saxe, par Nicole Oresme et par toute l'école de Paris. Albert de Saxe y joignit une précision ; il admit que la vitesse d'un grave qui tombe devait être proportionnelle soit au temps écoulé depuis le début de la chute, soit à la distance parcourue pendant ce temps.

59. En un projectile, l'*impetus* se détruit peu-à-peu soit par la résistance du milieu, soit par la tendance contraire de la gravité naturelle au corps ; là où ces causes de destruction n'existeraient pas, l'*impetus* demeurerait perpétuellement le même ; ainsi en serait-il d'une meule exactement centrée et qui ne frotterait pas sur son axe ; une fois lancée, elle tournerait indéfiniment avec la même vitesse ; c'est sous cette forme que la *loi d'inertie* s'est manifestée tout d'abord à Jean Buridan et à Albert de Saxe.

60. Les circonstances qui se présenteraient en cette meule hypothétique se trouvent réalisées dans les orbes célestes ; il n'y a là ni frottement, ni pesanteur qui contrarie le mouvement ; on peut donc admettre que chaque orbe céleste se meut indéfiniment en vertu d'un *impetus* convenable que Dieu lui a communiqué au mo-

ment de la création ; il est inutile d'imiter Aristote et ses commentateurs, et d'attribuer le mouvement de chaque orbe à une intelligence préposée à cet orbe. Telle est l'opinion proposée par Jean Buridan et adoptée par Albert de Saxe ; en même temps qu'ils formulent une doctrine d'où sortira la Dynamique moderne, ces maîtres entendent que la même Dynamique régisse les corps célestes et les corps sublunaires.

61. Une telle pensée va directement contre la distinction essentielle que la Physique antique avait établie entre ces deux sortes de corps. D'ailleurs, à la suite de Guillaume d'Ockam, les maîtres de Paris rejettent cette distinction ; ils admettent que la matière des corps célestes est de même nature que ~~les corps~~ la matière des corps sublunaires ; si les premiers demeurent perpétuellement les mêmes, ce n'est pas qu'ils soient, par nature, incapables de changement et de destruction ; c'est simplement parce que le lieu où ils se trouvent ne renferme aucun agent qui les puissent corrompre.

62. Un siècle s'est écoulé entre les condamnations portées par Étienne Tempier (1277) et la rédaction du *Traité du Ciel et du Monde* par Nicole Oresme (1377) ; durant ce siècle, tous les principes essentiels de la Physique d'Aristote ont été sapés par la base, et les grandes idées directrices de la Science moderne ont été formulées. Cette révolution a été surtout l'œuvre des franciscains venus d'Oxford, comme Richard de Middletown, Jean de Duns Scot et Guillaume d'Ockam, puis des maîtres de l'École de Paris, héritiers de la tradition que ces franciscains avaient inaugurée ; parmi ces maîtres, Jean Buridan, Albert de Saxe et Nicole Oresme ~~méri~~ tiennent le premier rang.

X. La diffusion des doctrines de Paris en Allemagne et en Italie – Georges de Peurbach et Regiomontanus – Nicolas de Cues – Léonard de Vinci

63. […] Le grand schisme d'Occident jeta l'Université de Paris en des querelles politiques religieuses d'une extrême violence ; les malheurs amenés par la lutte des Armagnacs et des Bourguignons et par la guerre de cent ans achevèrent ce que ces querelles avaient commencé ; le progrès merveilleux que la Science avait fait, au XIVe siècle, en l'Université de Paris, se trouva brusquement arrêté.

64. Le schisme, toutefois, en poussant hors de Paris bon nombre de maîtres qui y avaient brillamment enseigné, contribua à la diffusion des doctrines qu'ils y avaient professées. En 1386, Marsile d'Inghen († 1396), après avoir été l'un des plus brillants professeurs de l'Université l'Université de Paris, devenait recteur de la toute jeune université de […] Heidelberg ; il y apportait les théories dynamiques de Buridan et d'Albert de Saxe.

65. Vers la même temps époque, un autre maître réputé de Paris, Henri Heinbuch de Hesse, contribuait grandement à la fondation de l'Université de Vienne ; en même temps que sa science théologique, il y apportait la tradition astronomique des Jean des Linières et des Jean de Saxe. Cette tradition se poursuivait conserva à Vienne et s'y développa magnifiquement pendant tout le XVe siècle ; elle prépara l'œuvre de Georges de Peurbach (1423-1461) et de son disciple Jean Müller de Kœnigsberg, surnommé Regiomontanus (1436-1476). Écrire des traités propres à faire connaître le système de Ptolémée, imaginer et construire des instruments précis, multiplier les observations, calculer des tables et des éphémérides plus exactes que celles dont les astronomes usaient jusqu'alors, telle fut la besogne à laquelle Peurbach et Regiomontanus consacrèrent leur prodigieuse activité ; en perfectionnant

tous les détails des théories de Ptolémée, qu'ils ne révoquaient aucunement en doute, ils contribuèrent grandement à mettre en évidence les défauts de ces théories et à préparer les matériaux au moyen desquels Copernic allait construire son Astronomie nouvelle.

66. L'Averroïsme florissait dans les Universités italiennes de Padoue et de Bologne, célèbres par leur attachement aux doctrines du Péripatétisme ; cependant, ~~au~~ dès le début du XVe siècle, les opinions de Paris commencèrent à pénétrer en ces Universités, grâce à l'enseignement de Paul Nicoletti de Venise (fl. ca. 1420) ; ~~[…]~~ elles y furent développées par son élève Gaëtan de Tiène († 1465) ; la Dynamique de l'*impetus*, en particulier, fut propagée par ces maîtres en Italie.

67. Vers le temps où Paul de Venise enseignait à Padoue, Nicolas Crypfs, de Cues sur la Moselle (1401-1464) y vint prendre le doctorat en droit ; est-ce alors que le futur évêque de Brixen, le futur cardinal, s'initia à la Physique de l'École de Paris ? Toujours est-il qu'il adopta, de cette Physique, les doctrines les moins péripatéticiennes. La Dynamique de l'*impetus* trouva en lui un adepte convaincu ; comme Jean Buridan, comme Albert de Saxe, il attribua le mouvement des sphères célestes à l'*impetus* que Dieu leur avait communiqué en les créant et qui se perpétuait parce qu'il ne trouvait en ces sphères aucune cause de destruction. Il admit que la Terre se mouvait incessamment et que ce mouvement pouvait être la cause de la précession des équinoxes. En une note qui fut découverte longtemps après sa mort, il allait jusqu'à attribuer à la Terre une rotation diurne. Il imagina que le Soleil, la Lune, les planètes étaient autant de systèmes dont chacun contenait une terre et des éléments analogues à notre terre et à nos éléments ; pour rendre compte de la manière d'agir de la gravité en chacun

de ces systèmes, il suivait exactement la théorie de la pesanteur proposée par Nicole Oresme.

68. L'adepte le plus convaincu que la Physique parisienne ait rencontré en Italie est peut-être Léonard de Vinci (1452-1519). Observateur sagace et doué d'une insatiable curiosité, le génial artiste avait étudié un grand nombre d'ouvrages parmi lesquels nous pouvons citer les divers traités de l'École de Jordanus de Nemore, divers livres d'Albert de Saxe et, très vraisemblablement, les œuvres de Nicolas de Cues ; fécondant ces influences diverses les unes par les autres, il a formellement énoncé ou simplement entrevu un grand nombre d'idées nouvelles.

69. La Statique de l'École de Jordanus l'a conduit à découvrir, sous la forme que voici, la loi de composition des forces concourantes : Les deux composantes ont des moments égaux par rapport à la direction de la résultante ; la résultante et l'une des composantes ont des moments égaux par rapport à la direction de l'autre composante. La Statique dérivée des ~~propositions~~ propriétés qu'Albert de Saxe attribuait au centre de gravité l'a conduit à reconnaître la loi du polygone de sustentation et à déterminer le centre de gravité du tétraèdre.

70. Il a également donné la loi d'équilibre de deux liquides de densités différentes en des tubes communiquants ; le principe des déplacements virtuels semble l'avoir conduit à reconnaître la loi hydrostatique dite de Pascal.

71. Léonard n'a cessé de méditer sur les propriétés de l'*impetus* qu'il nomme *impeto* ou *forza* ; les propositions qu'il formule au sujet de cette ~~[…]~~ vertu sont, bien souvent, des aperceptions déjà nettes de la loi de la conservation de l'énergie ; ces propositions le conduisent à des conclusions remarquablement justes et précises touchant l'impossibilité du mouvement perpétuel.

72. Il méconnaît, malheureusement, la féconde ~~application~~ explication que la théorie de l'*impetus* donnait de l'accélération en la chute des graves ; comme les péripatéticiens, il attribue cette accélération à l'impulsion de l'air ambiant. En revanche, il affirme avec la plus grande netteté que la vitesse d'un corps qui tombe librement est proportionnelle à la durée de la chute, et il sait de quelle manière cette loi s'étend à la chute sur un plan incliné ; lorsqu'il veut déterminer comment le chemin parcouru par un grave qui tombe est lié à la durée de la chute, il se laisse embarrasser par une difficulté à laquelle, au XVIIe siècle, achopperont également Baliani et Gassendi.

73. Léonard est vivement préoccupé par ~~la théo~~ l'analyse des déformations ~~élastiques~~ et des réactions élastiques qui font rebondir un corps après qu'il en a choqué un autre ; cette doctrine que Buridan, Albert de Saxe et Marsile d'Inghen avaient formulée, il l'étend de manière à en tirer l'explication du vol des oiseaux ; ce vol est une alternative de chutes pendant lesquelles l'oiseau comprime l'air qui se trouve au-dessous de lui, et de rebondissements dûs [sic] à la force élastique de cet air ; jusqu'au moment où le grand peintre découvrit cette explication, on s'était acharné à regarder la question du vol de l'oiseau comme un problème de Statique et à assimiler ce vol à la natation du poisson dans l'eau.

74. Léonard de Vinci a attaché une extrême importance aux vues qu'Albert de Saxe avait développées touchant l'équilibre de la terre ; comme le maître parisien, il admet que l'érosion change sans cesse, au sein de la masse terrestre, la situation du centre de gravité de cette masse, et que la terre se meut continuellement pour replacer ce centre de gravité au centre du Monde. Ces petits mouvements incessants finissent par amener à la surface des continents les parties terrestres qui occupaient le fond des océans ;

pour mettre hors de doute cette assertion d'Albert de Saxe, Léonard se livre, au sujet des fossiles, à des observations d'une extrême sagacité qui en font le créateur de la Stratigraphie.

75. En un grand nombre de passages de ses notes, Léonard admet, comme Nicolas de Cues, que la Lune et les autres astres errants sont des terres analogues à la nôtre, portant des mers et entourées d'air ; le développement de cette opinion le conduit à ~~admettre pour sujet~~ parler de la gravité qui, à chacun de ces astres, rattache les éléments qui lui appartiennent ; au sujet de cette gravité, il professe une théorie semblable à celle que Nicole Oresme avait proposée.

76. Le Vinci nous apparaît donc, presque en toutes circonstances, comme un fidèle disciple des grands maître parisiens du XIV[e] siècle, de Buridan, d'Albert de Saxe et de Nicole Oresme.

XI. L'Averroïsme italien ; ses tendances routinières – Essais de restauration de l'Astronomie des sphères homocentriques

77. Tandis que l'influence anti-péripatéticienne de l'École de Paris poussait le Vinci à ~~une vérita~~ récolter une véritable moisson de découvertes, le culte idolâtrique et stérile des idées mortes trouvait, en Italie, une foule d'adeptes ~~dont la~~ d'une surprenante servilité. Les Averroïstes ne voulaient rien reconnaître pour vrai qui ne fût conforme à la pensée d'Aristote interprétée par le Commentateur de Cordoue ; avec Pomponazzi (1462-1526), les Alexandristes, cherchant leur inspiration plus haut dans le passé, ~~ne voulaient pas~~ se refusaient à comprendre Aristote autrement que ne l'avait compris Alexandre d'Aphrodisias ; soucieux exclusivement de la pureté de la forme, les Humanistes ne consentaient à user d'aucun langage technique et rejetaient toute idée qui n'était pas assez vague pour agréer à l'orateur ou au poète ; Averroïstes,

Alexandristes, Humanistes faisaient trêve à leurs discussions acharnées pour s'unir contre le *style de Paris*, contre la *Logique de Paris*, contre la *Physique de Paris*.

78. À quels degré excès d'absurdité ces esprits routiniers se portaient, on a pei il est difficile de l'imaginer. On vit un grand nombre de physiciens, dédaigneux de la théorie parisienne de l'*impetus*, revenir à l'absurde l'insoutenable Dynamique d'Aristote et soutenir que le projectile est mû par l'air ambiant. Un professeur averroïste de Padoue, Nicolò Vernias de Chieti enseignait, en 1499, que si le corps grave tombe, c'est par suite du mouvement de l'air […] qui l'entoure.

79. L'adoration servile du Péripatétisme porta beaucoup de soi-disant philosophes à rejeter le système de Ptolémée, le seul qui pût, à ce moment, contenter les légitimes exigences des astronomes, et à […] reprendre l'hypothèse des sphères homocentriques ; ils tenaient pour nulles et non avenues les innombrables observations qui manifestent les changements de la distance de chaque astre errant à la Terre. Alessandro Achillini de Bologne (1463-1512), Averroïste intransigeant, adversaire convaincu de la théorie de l'*impetus* et de toutes les doctrines parisiennes, inaugura, par son traité […] *De orbibus* (1498), cette étrange réaction contre l'Astronomie de Ptolémée ; Agostino Nifo (1473-1538) travailla à la même besogne en un écrit qui ne nous est pas parvenu ; Girolamo Fracastor (1483-1553) donne, en 1535, son livre *De homocentricis*, Gianbattista Amico en 1536, Giovanni Antonio Delfino en 1559 publient des opuscules qui s'efforcent de restaurer le système des sphères homocentriques.

XII. La révolution copernicaine

80. Bien que dirigées par les tendances les plus contraires au véritable esprit scientifique, les essais averroïstes destinés à restaurer l'Astronomie des sphères homocentriques servirent peut-être les progrès de la Science. Ils habituèrent les physiciens à la pensée que le Système de ~~Cop~~ Ptolémée n'était point la seule doctrine astronomique possible, ni même la meilleure que l'on pût souhaiter. Par-là, ils préparèrent à leur manière la révolution copernicaine.

81. Les mouvements avant-coureurs de cette révolution se pouvaient discerner, au milieu du XIV[e] siècle, dans les écrits du Cardinal Nicolas de Cues, au commencement du XV[e] siècle, dans les notes de Léonard de Vinci ; Nicolas de Cues et Léonard de Vinci étaient tous deux adeptes de la Physique parisienne.

82. Le protonotaire apostolique Celio Calcagnini proposa, à son tour, d'expliquer le mouvement diurne des astres en attribuant à la Terre une rotation d'occident en orient, complète en un jour sidéral. Sa dissertation : *Quod Cælum Stet, Terra vero moveatur* fut imprimée seulement en 1544, en l'édition posthume des œuvres de l'auteur ; elle parait [sic] avoir été écrite vers 1530. Calcagnini admet que la Terre, primitivement en équilibre au centre du Monde, a reçu une première impulsion qui lui a communiqué un mouvement de rotation ; ce mouvement, auquel rien ne s'oppose, se conserve indéfiniment, en vertu du principe posé par Jean Buridan et reçu par Albert de Saxe et par Nicolas de Cues. La rotation diurne de la Terre est accompagnée, selon Calcagnini, d'une oscillation qui explique le mouvement de précession des équinoxes. Une autre oscillation met en mouvement les eaux de la mer et détermine le flux et le reflux ; cette dernière hypothèse sera conservée par André Césalpin (1519-1603) en ses *Quæstiones peripa-*

teticæ (1569) ; Galilée s'en inspirera et cherchera malencontreusement dans le phénomène des marées sa preuve favorite du mouvement de la Terre.

83. Les *De revolutionibus orbium cœlestium libri sex* furent imprimés en 1543, peu de mois après la mort de Nicolas Copernic (1473-1543) ; mais les principes du système astronomique proposé par cet homme de génie avaient été publiés dès […] 1539 en la *Narratio prima* de son disciple Joachim Rhaeticus (1514-1576).

84. De l'ancienne Astronomie, Copernic garda l'hypothèse que le Monde est sphérique et limité, et que tous les mouvements célestes sont décomposables en mouvements circulaires et uniformes ; mais il rendit immobile le Ciel des étoiles fixes et le soleil, placé au centre de ce Ciel ; à la Terre, il attribua trois mouvements : une circulation par laquelle le centre de la Terre décrit […] avec une vitesse uniforme un cercle, situé dans le plan de l'écliptique et excentrique au Soleil ; une rotation diurne autour d'un axe incliné sur l'écliptique ; enfin une rotation de cet axe autour d'un axe normal à l'écliptique et passant par le centre de la Terre ; la durée de cette dernière rotation est un peu plus longue que la durée de la circulation du centre de la Terre, ce qui produit le phénomène de la précession des équinoxes. Aux cinq planètes, Copernic attribue des mouvements analogues à ceux dont la Terre est pourvue. La Lune circule autour de la Terre.

85. Des hypothèses de Copernic, la plus neuve est celle qui consiste à faire circuler la Terre autour du Soleil. Nul, depuis Aristarque de Samos et Séleucus, ne l'avait adoptée ; les astronomes du Moyen-Âge l'avaient tous rejetée parce qu'ils supposaient les étoiles beaucoup trop rapprochées de la Terre et du Soleil, et qu'une circulation annuelle de la Terre eût alors donné aux étoiles une parallaxe sensible. Au contraire, divers auteurs, nous l'avons vu,

avaient proposé d'attribuer à la Terre soit l'un, soit l'autre, des deux mouvements que Copernic adjoint à la circulation annuelle.

86. Pour sauver l'hypothèse du mouvement diurne de la Terre des objections formulées par la Physique péripatéticienne, Copernic invoque exactement les mêmes raisons que Nicole Oresme ; c'est aussi la théorie de la gravité proposée par Nicole Oresme qu'il admet pour expliquer comment chaque planète retient les diverses parties de ses éléments. Copernic se montre disciple de la Physique parisienne jusqu'en cette opinion qu'il indique accidentellement : l'accélération de la chute des corps pesants s'explique par l'accroissement continuel que l'*impetus* reçoit de la gravité.

XIII. La fortune du système de Copernic au XVIe siècle

87. Copernic et son disciple Joachim Rhæticus regardaient vraisemblablement les mouvements attribués par leur théorie à la Terre et aux planètes, le repos du Soleil et du Ciel des étoiles fixes comme étant les véritables mouvements ou le véritable repos de ces corps. Les *De revolutionibus orbium cœlestium libri sex* parurent avec une préface anonyme ~~qui exprimait~~ qu'inspirait une toute autre pensée ; cette préface était l'œuvre du théologien luthérien André Hossmann, dit Osiander (1498-1552) ; Osiander y exprimait cette opinion que les hypothèses proposées par les astronomes en général, et par Copernic en particulier, ne prétendent aucunement nous faire connaître la réalité des choses ; « *Neque enim necesse est eas hypotheses esse veras, imo, ne verisimiles quidem, sed sufficit hoc unum si calculum observationibus congruentem exhibeant*. »

88. L'opinion professée par Osiander au sujet des hypothèses astronomiques n'était pas nouvelle ; dès l'Antiquité hellénique, nombre de penseurs avaient soutenu que ces hypothèses n'avaient d'autre objet que de *sauver les apparences*, σώζειν τὰ φαινόμενα ; cette manière de voir n'avait cessé d'être, en l'Antiquité aussi bien

qu'au Moyen Âge, celle des philosophes qui voulaient user de l'Astronomie de Ptolémée tout en conservant la Physique péripatéticienne, incompatible avec cette Astronomie.

89. La doctrine d'Osiander fut donc très volontiers reçue, tout d'abord, par les astronomes ; sans croire que le mouvement de la Terre fût une réalité, ils acceptèrent avec admiration les combinaisons cinématiques imaginées par Copernic ; ils trouvaient, en ces combinaisons, le moyen de figurer le mouvement de la Lune et le phénomène de la précession des équinoxes beaucoup mieux que le système de Ptolémée ne le pouvait faire.

90. L'un des astronomes qui adoptèrent le plus nettement cette attitude à l'égard du système de Ptolémée fut Erasme Reinhold (1511-1553) ; bien qu'il n'admit pas le mouvement de la Terre, il professait une grande admiration pour le système de Copernic ; il se servit de ce système pour calculer des tables astronomiques nouvelles, les *Prutenicæ tabulæ* (1551) ; ces tables contribuèrent grandement à répandre parmi les astronomes l'usage des combinaisons cinématiques imaginées par Copernic.

91. Les *Prutenicæ tabulæ* furent notamment employées par la commission qui, en 1582, réalisa la réforme grégorienne du calendrier ; sans croire au mouvement de la terre, les membres de cette commission n'hésitaient pas à user de tables fondées sur une théorie de la précession des équinoxes qui attribuait à la terre un certain mouvement.

92. Toutefois, cette liberté laissée à l'astronome d'user de toute hypothèse propre à sauver les phénomènes ne tarda pas à se trouver restreinte par les exigences des philosophes péripatéticiens et des théologiens protestants.

93. Osiander avait adjoint sa célèbre préface au livre de Copernic dans le but d'éviter les attaques des théologiens ; il n'y parvint pas.

94. Martin Luther (1483-1546), en ses *Tischreden* avait été le premier à s'indigner de l'impiété de ceux qui admettent l'hypothèse du ~~mouvement terrestre~~ repos solaire. Bien qu'il reconnût les avantages purement astronomiques du système de Copernic, Philippe Schwarzerde, dit Mélanchthon (1497-1560) combattit fortement l'hypothèse du mouvement de la Terre (1549), non seulement à l'aide des arguments que lui fournissait la Physique péripatéticienne, mais aussi et surtout à l'aide de nombreux textes tirés de l'Écriture Sainte. Le gendre de Mélanchthon, Caspar Peucer (1525-1602), tout en s'efforçant de mettre sa théorie des planètes en harmonie avec les progrès que le système copernicain y avait accomplis, rejetait comme absurdes les hypothèses de Copernic (1571).

95. On en vint alors à exiger des hypothèses astronomiques non seulement, comme le voulait Osiander, qu'elles donnassent par le calcul des conséquences conformes aux faits, mais encore qu'elles ne se trouvassent réfutées « ni au nom des principes de la Physique, ni au nom de l'autorité de l'Écriture Sainte. » Ce critérium [sic] fut explicitement et clairement formulé dès 1578 par un luthérien, le grand astronome danois Tycho-Brahé (1546-1601) ; c'est précisément en vertu de cette double exigence que les doctrines de Galilée devaient, en 1616 et en 1633, être condamnées par l'Inquisition.

96. Désireux de n'admettre aucune hypothèse qui allât soit contre la Physique d'Aristote, soit contre la lettre des Saintes Écritures, désireux de garder aussi tous les avantages astronomiques du système de Copernic, Tycho Brahé proposa un système nouveau ; celui-ci consistait, à très peu près, à laisser la Terre immobile et à

mouvoir les autres corps célestes de telle sorte que leurs déplacements relativement à la Terre demeurassent les mêmes que le système de Copernic.

97. D'ailleurs, bien qu'il se fût posé en défenseur de la Physique d'Aristote, Tycho Brahé lui porta un coup funeste ; en 1572, une étoile inconnue jusqu'alors parut dans la constellation de Cassiopée ; en montrant, par des observations précises, que l'astre nouveau était vraiment une étoile fixe, Tycho Brahé prouva avec évidence que le monde céleste n'était point, comme le voulait Aristote, formé d'une substance exempte de la génération et de la destruction.

98. Jusqu'au temps de Tycho Brahé, l'Église catholique ne s'était pas seulement montré indifférente à l'hypothèse du mouvement de la Terre ; c'est parmi ses membres que cette hypothèse avait trouvé ses premiers défenseurs. Nous savons qu'au milieu du XIV[e] siècle, elle trouvait des partisans au sein de la très orthodoxe université de Paris ; Nicole Oresme est chanoine de Rouen au moment où il la défend, et, tout aussitôt, il est promu Évêque de Lisieux ; Nicolas de Cues est évêque de Brixen, cardinal, chargé d'importantes négociations par les papes Eugène IV, Nicolas V et Pie II ; Celio Calcagnini est protonotaire apostolique ; Nicolas Copernic est chanoine de Thorn ; c'est le cardinal Schomberg qui le presse de publier son ouvrage dont le pape Paul III accepte la dédicace. Nicole Oresme avait, d'ailleurs, clairement montré comment devaient s'interpréter les passages de l'Écriture que l'on prétendait opposer au système de Copernic, et, en 1584, Didacus a Stunica de Salamanque trouvait dans l'Écriture d'autres textes que l'on pouvait tout aussi sûrement invoquer en faveur du mouvement de la Terre. Cependant, en 1595, le Sénat protestant de l'Université de Tübingen obligeait Johann Kepler à retrancher, en

son *Mysterium cosmographicum*, le chapitre où il tentait d'accorder le système de Copernic avec l'Écriture.

99. Le Père jésuite Christophe Clavius (1537-1612), l'un des membres influents de la commission qui réforma le calendrier, semble être le premier astronome catholique qui ait adopté ~~la manière~~ le double critérium [sic] imposé par Tycho Brahé aux hypothèses astronomiques et qui ait jugé (1581) que les suppositions de Copernic devaient être rejetées comme contraires à la fois à la Physique péripatéticienne et aux textes de l'Écriture ; à la fin de sa vie, d'ailleurs, et sous l'influence des découvertes de Galilée, Clavius paraît avoir conçu des sentiments beaucoup plus favorables aux doctrines copernicaines.

100. Les adversaires de la philosophie d'Aristote se ralliaient volontiers au système de Copernic dont ils regardaient les hypothèses comme autant ~~d'af~~ de propositions physiquement vraies ; ainsi faisaient Pierre La Ramée, dit Ramus (1502-1572) et surtout Giordano Bruno (vers 1550-1600). La Physique que développe Bruno ~~et qu'il~~ et en laquelle il incorpore l'hypothèse copernicaine procède de Nicolas de Cues, mais aussi et surtout de la Physique que l'on enseignait au XIVe siècle à l'Université de Paris ; l'étendue infinie de l'Univers, la multiplicité des mondes étaient admises comme possibles ~~depuis~~ par beaucoup de théologiens depuis la fin du XIIIe siècle ; le mouvement lent qui fait passer à la surface les parties centrales de la terre était enseigné par Albert de Saxe avant de retenir l'attention de Léonard de Vinci ; la solution des arguments péripatéticiens contre le mouvement de la Terre, la théorie de la pesanteur que requiert ~~[…]~~ l'assimilation entre la terre et les planètes semblent empruntées par Bruno à Nicole Oresme.

101. L'apostasie et les hérésies qui firent, en 1600, condamner Giordano Bruno n'avaient rien à voir avec les doctrines physiques

qu’il avait adoptées et, en particulier, avec l’astronomie copernicaine. En fait, il ne paraît pas qu’au XVIe siècle, l’Église ait manifesté la moindre inquiétude à l’égard du système de Copernic.

XIV. La théorie des marées

102. C’est sans doute aux grandes navigations qui ont illustré la fin du XVe siècle qu’il faut attribuer l’importance prise, au XVIe siècle, par le problème des marées et les progrès considérables faits, à cette époque, ~~par~~ vers la solution de ce problème.

103. La corrélation qui existe entre le phénomène du flux et du reflux et le cours de la Lune était connue dès l’antiquité ; Posidonius l’avait exactement décrite ; les astronomes arabes la connaissaient également et l’exposé qu’au IXe siècle, Albumasar en avait donné en son *Introductorium magnum ad Astronomiam* demeura classique pendant tout le Moyen-Âge.

104. L’observation du phénomène des marées conduisait donc tout naturellement à la supposition que la Lune attire les eaux de la mer ; dès le XIIIe siècle, Guillaume d’Auvergne compare cette attraction à celle que l’aimant exerce sur le fer.

105. La seule attraction de la Lune ne suffit pas, cependant, à rendre compte de l’alternance des vives-eaux et des mortes-eaux ; ce phénomène indique nettement qu’une certaine intervention du Soleil doit être invoquée. L’idée de superposer deux marées, l’une due au Soleil et l’autre à la Lune, apparaît, sous une forme bien vague encore, en la seconde moitié du XIVe siècle, dans les *Questions sur les livres des Météores* composées par Thémon le fils du Juif.

106. Cette idée fut affirmée de la manière la plus nette, en 1528, par un Dalmate qui enseignait la médecine à Padoue, Frédéric Grisogone de Zara. Grisogone admet que, sous l'action seule de la Lune, la mer prendrait une figure ovoïde dont le grand axe serait dirigé vers le centre de la Lune ; l'action du Soleil lui donnerait, de même, la forme d'un ovoïde, moins allongé que le premier, dont le grand axe serait dirigé vers le centre du Soleil ; la variation du niveau de la mer à chaque instant et en chaque lieu s'obtient en ajoutant l'élévation ou la dépression que produirait la seule marée solaire à l'élévation ou à la dépression que produirait la seule marée lunaire.

107. En 1557, Cardan (Girolamo Cardano, 1501-1576) admet et expose brièvement la théorie de Frédéric Grisogone. En 1559, un ouvrage posthume de Frédéric Delfino donnait, de l'allure de la marée, une description identique à celle qui se déduit du mécanisme imaginé par Grisogone. Paolo Gallucci en 1588, Annibale Raimondo en 1589 reproduisent la doctrine du médecin dalmate. Enfin, en 1600, Claude Duret, plagiant impudemment l'opuscule de Delfino, fait connaître en France la description des marées que donne cet opuscule.

XV. La Statique du XVIe siècle – Simon Stevin

108. Cardan s'inspire indifféremment, en ce qu'il écrit sur la Statique, des écrits d'Archimède et des traités de l'École de Jordanus ; vraisemblablement aussi, il plagie les notes laissées par Léonard de Vinci ; c'est peut-être à ces notes qu'il emprunte ce théorème : Un système pesant est en équilibre lorsque le centre de gravité de ce système est le plus bas possible.

109. Nicolà Tartaglia (vers 1500-1557), l'antagoniste de Cardan, plagie impudemment le traité, qu'il croit oublié, d'un commentateur

de Jordanus ; le fidèle disciple de Cardan, Ferrari, reproche durement à Tartaglia ce vol qui a cependant l'avantage de remettre en vogue certaines découvertes de la Statique au XIIIe siècle, notamment la loi d'équilibre d'un grave soutenu par un plan incliné.

110. Par un autre plagiat, non moins cynique, Tartaglia publie sous son nom une traduction du *Traité des corps flottants* d'Archimède que Guillaume de Moerbeke avait faite à la fin du XIIIe siècle. Cette publication malhonnête n'en contribua pas moins à remettre en honneur l'étude des travaux mécaniques d'Archimède ; cette étude eut la plus grande influence sur les progrès de la science à la fin du XVIe siècle et au début du XVIIe siècle ; le concours des méthodes mathématiques d'Archimède et de la Physique parisienne a engendré le mouvement qui aboutit à l'œuvre de Galilée.

111. La traduction et le commentaire des travaux d'Archimède sollicita l'attention de divers géomètres tels que François Maurolycus de Messine (1494-1575) et Frédéric Commandin d'Urbin (1509-1575) ; ces deux auteurs, continuant l'œuvre du génial Syracusain, déterminaient la position du centre de gravité de divers solides. Commandin traduisait et commentait, en outre, les *Collections mathématiques* de Pappus et le fragment des *Mécaniques* de Héron d'Alexandrie qui s'y trouvait joint.

112. L'admiration pour ces monuments de la Science antique provoqua, chez nombre d'Italiens, un profond dédain de la Statique du Moyen Âge ; la fécondité du principe des déplacements virtuels, si heureusement employé par l'École de Jordanus de Nemore, fut méconnue ; privée des lois que cette École avait découvertes, de celles que Léonard de Vinci y avait jointes, la Statique se trouva singulièrement apauvrie [sic] dans les traités de ces trop fanatiques admirateurs de la méthode d'Archimède, parmi lesquels

nous devons surtout citer Guidobaldo marquis del Monte (1545-1607) et Giovanni Battista Benedetti (1530-1590).

113. Des mathématiciens qui prétendaient suivre exclusivement, en Statique, la rigoureuse méthode d'Archimède et des géomètres hellènes, le plus illustre est Simon Stevin de Bruges (1548-1620). Grâce à lui, la Statique des corps solides recouvra tout ce que l'École de Jordanus et Léonard de Vinci avaient conquis et tout ce que le dédain des Guidobaldo del Monte et des Benedetti avait fait perdre. La loi de l'équilibre du levier, qui est une des propositions fondamentales dont Stevin fasse usage, est établie par lui à l'aide d'une ingénieuse démonstration dont Galilée devait user également, et que l'on trouve en un opuscule anonyme du XIIIe siècle ; pour établir un autre principe essentiel de sa théorie, la loi d'équilibre d'un grave sur un plan incliné, il recourt de la manière la plus heureuse à l'impossibilité du mouvement perpétuel ; cette impossibilité avait été affirmée avec une grande précision par Léonard de Vinci et par Cardan.

114. La principale gloire de Stevin lui est assurée par ses découvertes en Hydrostatique ; la détermination de la grandeur et ~~de la~~ du point d'application de la pression qu'une paroi inclinée d'un vase supporte de la part du liquide contenu dans ce vase suffirait à assurer au géomètre de Bruges une des premières places parmi les créateurs de la théorie de l'équilibre des fluides.

115. De son côté, Giovanni Battista Benedetti avait été ~~conduit~~ sur le point d'énoncer le principe dit de Pascal ; une addition insignifiante permettra à Mersenne de tirer ce principe et l'idée de la presse hydraulique de ce qu'avait écrit le géomètre italien ; Benedetti avait ~~été con~~ justifié ses propositions en usant, ~~de la loi~~ à titre d'axiome, de la loi d'équilibre des liquides dans les vases communiquants [sic] ; avant lui, Léonard de Vinci avait suivi la même démarche logique.

XVI. Les progrès de la Dynamique au XVIe siècle

116. Au XVIe siècle, les géomètres qui, en dépit des routines de l'Averroïsme et des persifflages [sic] de l'Humanisme, continuèrent de cultiver la Dynamique parisienne de l'*impetus*, en furent récompensés par de belles découvertes.

117. Fixant l'ambiguïtë où Albert de Saxe était demeuré, Léonard de Vinci avait affirmé qu'en un grave qui tombe, la vitesse croît ~~comme~~ proportionnellement à la durée de la chute ; mais il n'avait pas su déterminer la loi qui lie à cette durée le chemin parcouru par le corps qui tombe. Pour trouver cette loi, cependant, il lui eût suffi d'invoquer la proposition suivante : En un mouvement uniformément varié, ~~l'espace~~ le chemin parcouru par le mobile est égal à celui qu'il parcourrait en un mouvement uniforme ~~ment varié~~ dont la durée serait celle du mouvement précédent, et dont la vitesse serait celle qui affectait le mouvement précédent à l'instant milieu de sa durée ; cette proposition était connue de Nicole Oresme qui l'avait démontrée exactement comme Galilée la démontrera plus tard ; elle avait été énoncée et discutée, à la fin du XIVe siècle, par tous les logiciens qui, à l'~~École~~ Université d'Oxford, composaient l'école de William d'Heytesbury chancelier d'Oxford en 1375 ; elle avait été ensuite examinée ou invoquée, au XVe siècle, par tous les italiens qui s'étaient fait les commentateurs de ces logiciens ; enfin les maîtres de l'Université de Paris, contemporains de Léonard de Vinci, l'enseignaient et la démontraient comme Oresme.

118. Le rapprochement que le Vinci n'avait pas eu l'idée de faire, un ancien élève de l'Université de Paris, un dominicain espagnol, professeur de théologie à Alcala de Hénarès, puis à Salamanque,

le publia en 1545 ; Dominique Soto (1494-1560) énonça donc ces deux lois :

119. La vitesse d'un corps qui tombe croît proportionnellement au temps de chute ;

120. Le chemin parcouru en ~~ce~~ un mouvement uniformément varié est le même qu'en un mouvement uniforme de même durée, ayant pour vitesse la vitesse moyenne du premier.

121. Soto affirma, en outre, que le mouvement d'un mobile lancé verticalement vers le haut est un mouvement uniformément retardé.

122. Ajoutons que toutes ces propositions ont été formulées par le célèbre dominicain comme s'il s'agissait de vérités généralement admises par les maîtres au milieu desquels il vit.

123. La théorie parisienne qui, en la chute accélérée des graves, voit l'effet d'un accroissement continuel d'*impetus* causé par la pesanteur, est admise par Jules César Scaliger (1484-1558), par Giambattista Benedetti, et par le célèbre théologien jésuite Gabriel Vasquez (1551-1604) ; le premier de ces auteurs présente cette théorie sous une forme telle que l'accélération uniforme du mouvement semble en résulter naturellement.

124. Soto, Tartaglia, Cardan s'efforcent, comme Léonard de Vinci, d'expliquer le mouvement des projectiles en invoquant le conflit de l'*impetus* et de la gravité ; mais leurs tentatives sont viciées par une erreur péripatéticienne que plusieurs maîtres parisiens avaient rejetée depuis longtemps ; ils croient qu'à son début, le mouvement du projectile va en s'accélérant, et ils attribuent cette accélération initiale à l'impulsion de l'air ébranlé. Pendant tout le XVIe siècle, d'ailleurs, les Averroïstes italiens continuent à attribuer à l'air ambiant le transport même du projectile.

125. Tartaglia découvre empiriquement qu'une pièce d'artillerie atteint sa plus grande portée lorsqu'elle est pointée à 45° de l'horizon.

126. Giordano Bruno insiste sur l'explication, donnée par Nicole Oresme, de l'apparence verticale que garde la chute d'un ~~projectile~~ grave, en dépit du mouvement de la terre ; il faut, pour obtenir la trajectoire de ce corps, composer l'action de la pesanteur avec l'*impetus* que la Terre lui a imprimé.

127. Benedetti précise la loi ~~d'~~ que suit un tel *impetus* ; un corps mû en cercle et que la fronde abandonne à lui-même, se meut en ligne droite suivant la tangente menée au cercle, au point où il se trouvait au moment où il est devenu libre ; Benedetti doit donc être placé au nombre de ceux qui ont le plus contribué à la découverte de la loi de l'inertie.

128. En 1553, Benedetti avait donné le raisonnement suivant : Au sein de l'air ou d'un fluide quelconque, dix pierres égales tombent avec la même vitesse que l'une d'entre elles ; elles tomberaient encore avec la même vitesse si on les réunissait entre elles ; donc, au sein d'un fluide, deux pierres dont l'une est dix fois plus lourde que l'autre tombent avec la même vitesse. Benedetti exaltait l'extrême nouveauté de ce raisonnement ; en réalité, beaucoup de Scolastiques l'avaient tenu ; mais ils avaient tous déclaré qu'il n'était pas concluant, parce que la résistance de l'air sur la pierre la plus lourde pouvait fort bien n'être pas décuple de la résistance opposée à la pierre la plus légère ; Alessandro Achillini, entr'autres, avait fort clairement tenu ce langage. Pour que le raisonnement de Benedetti conduise à une conclusion juste, il le faut restreindre au mouvement des corps pesants dans le vide ; c'est ce que fera Galilée.

XVII. L’œuvre de Galilée

129. Galileo Galilei (1564-1642) avait été, dans sa jeunesse, péripatéticien convaincu ; il se convertit ensuite au système de Copernic à la défense duquel il consacra la plus grande partie de son œuvre. Le triomphe du système de Copernic ne pouvait être assuré que par le perfectionnement de la Mécanique et, en particulier, par la solution du problème que pose la chute des graves lorsque l’on suppose la terre en mouvement ; c’est vers cette solution que convergent bon nombre de recherches de Galilée ; pour mener cette solution à bien, il dut adopter certains des principes de la Dynamique parisienne ; malheureusement, il ne les ~~[épuisa]~~ employa pas tous et laissa à d’autres le soin d’en épuiser la fécondité. S’il ne comprit pas toujours toute la portée ~~des~~ de la Physique des maîtres ès arts du XIVe siècle, il eut, sur eux, l’avantage sans prix d’être exercé au maniement de l’instrument mathématique, auquel il dut plusieurs de ses plus belles découvertes. D’autres découvertes lui furent assurées par l’emploi de la lunette dite de Galilée ; il n’en était assurément pas l’inventeur, mais il l’appliqua le premier à l’étude de la constitution des astres.

130. L’œuvre de Galilée est immense ; nous devons nous borner ici à en esquisser à très grands traits les caractères essentiels.

131. La Statique de Galilée est un compromis entre la méthode inexacte qu’avaient inaugurée les *Questions mécaniques* d’Aristote et la méthode correcte des déplacements virtuels dont l’École de Jordanus avait donné de belles applications. Implicitement liée à des idées ~~mé~~ dynamiques qui sont encore très profondément péripatéticiennes, elle introduit la considération d’un certain *impeto* ou *momento*, proportionnel à la vitesse du mobile, qui n’est pas sans analogie avec l’*impetus* des Parisiens.

132. L’Hydrostatique de Galilée use également d’une forme grossière du principe des déplacements virtuels, que semblent suggérer au

grand géomètre pisan par les recherches effectuées, sur la théorie des eaux courantes, par son ami, le bénédictin Benedetto Castelli (1577-1644).

133. Galilée a admis, tout d'abord, que la vitesse d'un corps qui tombe croît proportionnellement au chemin parcouru ; puis, par une ingénieuse démonstration, il a montré prouvé qu'une telle loi était absurde. Il a admis alors que la chute libre d'un grave était uniformément accélérée ; en faveur de cette loi, il s'est contenté d'invoquer la raison de simplicité, sans faire aucunement appel à l'accroissement continuel de l'*impetus* sous l'influence de la pesanteur.

134. La pesanteur crée, en des temps égaux, des *impetus* nouveaux et égaux qui, s'ajoutant aux *impetus* déjà acquis, font croître en progression arithmétique, en fonction du temps de chute, l'*impetus* total et, partant la vitesse de chute du grave ; ce raisonnement, préparé par toute la tradition parisienne et, en parti dernier lieu, par Jules César Scaliger, conduit à notre affirmation moderne : une force constante produit un mouvement uniformément accéléré. En l'œuvre de Galilée, on ne trouve trace ni du raisonnement, ni de la conclusion qui s'en déduit ; en revanche, ce raisonnement a été soigneusement développé par son ami Giambattista Baliani (1582-1666).

135. De la définition même de la vitesse, Baliani s'efforça de déduire la loi suivant laquelle, en fonction du temps, croît l'espace parcouru par le grave qui tombe ; il fut embarrassé par une difficulté qui avait également arrêté Léonard de Vinci ; il finit, toutefois, par entrevoir la solution de cette difficulté. Cette solution fut donnée, après des hésitations analogues, par un autre disciple de Galilée, Pierre Gassend, dit Gassendi (1592-1655).

136. Galilée avait obtenu la loi qui relie au temps de chute ~~l'espace~~ le chemin parcouru par un grave qui tombe en employant une démonstration qui devint célèbre sous le nom de *démonstration du triangle* ; cette démonstration est textuellement celle que Nicole Oresme avait donnée au XIV[e] siècle ; nous avons vu que Soto avait déjà eu l'idée d'user de la proposition d'Oresme en l'étude de la chute accélérée des graves.

137. Galilée étendit à la chute le long d'un plan incliné les lois de la chute libre des graves ; il put soumettre au contrôle de l'expérience la loi du mouvement d'un poids sur un plan incliné.

138. Un grave qui, sans frottement ni résistance d'aucune sorte, décrirait une circonférence de cercle concentrique à la Terre garderait un *impeto* ou *momento* invariable, car la pesanteur ne contribuerait en rien à accroître ou à détruire cet *impeto* ; ce principe, qui peut se réclamer de la Dynamique de Buridan et ~~de~~ d'Albert de Saxe, est admis par Galilée. Sur une faible étendue, une sphère concentrique à la terre se confond sensiblement avec un plan horizontal ; un grave, lancé sur un plan horizontal, et soustrait à tout frottement, prendrait donc un mouvement *sensiblement* rectiligne et uniforme. C'est seulement sous cette forme restreinte et erronée que Galilée a connu la loi de l'inertie ; il était en cela fidèle disciple de l'École de Paris.

139. Si un grave, mû de la sorte par un *impeto* qui lui ferait décrire un cercle concentrique à la Terre, est, en outre, libre de tomber, l'*impeto* de rotation uniforme et la pesanteur se composeront sans se contrarier. Sur une petite étendue, le mouvement produit par cet *impeto* peut être confondu avec un mouvement rectiligne, horizontal et uniforme ; on pourra donc énoncer la loi approchée que voici : Un grave auquel on a imprimé une vitesse initiale *horizontale* en même temps ~~que~~ qu'on l'abandonnait à l'action de la pesanteur prend un mouvement qui s'obtient *sensiblement* en com-

posant un mouvement horizontal uniforme avec [...] le mouvement vertical qu'il prendrait sans vitesse initiale. Galilée démontre alors que la trajectoire de ce grave est une parabole d'axe verticale.

140. Cette théorie du mouvement des projectiles repose sur des principes qui ne sont nullement conformes avec une exacte connaissance de la loi de l'inertie ; ces principes sont, au fond, identiques à ceux que Nicole Oresme invoquait lorsqu'il voulait expliquer comment un grave semble tomber verticalement en dépit de la rotation de la terre. Le raisonnement employé par Galilée ne lui permettait pas de dire comment se meut un projectile dont la vitesse initiale n'est pas horizontale.

141. Un disciple du P. Benedetto Castelli et de Galilée, Evangelista Torricelli (1608-1647), étendit la méthode de Galilée au cas où la vitesse initiale du projectile a une direction autre que l'horizontale ; il prouva que la trajectoire demeurait une parabole d'axe vertical. D'autre part, Gassendi montra comment, en ce problème du mouvement des projectiles, la loi véritable de l'inertie, qui [...] venait d'être formulée par Descartes, devait être substituée aux principes admis par la Dynamique parisienne du XIVe siècle.

142. Nous ne terminerons pas ces courtes indications sur l'œuvre mécanique de Galilée sans mentionner ses observations sur la durée d'oscillation du pendule, observations qui ouvraient à la Dynamique un champ nouveau et admirablement fécond.

143. Nous avons dit comment les progrès faits en Dynamique par Galilée servaient à la défense du système de Copernic ; les découvertes que la lunette lui permit de faire dans le ciel concoururent au même objet ; [...] les taches qui altèrent la surface du Soleil, les montagnes, semblables à celle [sic] de la Terre, qui obscurcissent au regard certaines parties du disque lunaire, montraient assez

que les corps célestes ne sont point, comme le voulait la Physique d'Aristote, formés d'une substance incorruptible, sans analogie avec les éléments sublunaires ; d'autre part, le rôle que la Lune jouait par rapport à la Terre, en cette Astronomie héliocentrique, les deux *planètes des Médicis*, que Galilée avait aperçu le premier, le jouaient par rapport à Jupiter.

144. Non content d'avoir, par tant d'excellentes raisons, ruiné les arguments que l'on opposait au système de Copernic, Galilée voulut, en faveur de ce système, apporter une preuve positive ; inspiré peut-être par Celio Calcagnini, il crut que le phénomène des marées lui fournirait cette preuve ; il rejeta donc toute explication du flux et du reflux fondée sur l'attraction du Soleil et de la Lune ~~et~~ pour attribuer le mouvement de l'Océan à la force centrifuge produite par la rotation terrestre ; une telle explication rattacherait la période du flux au jour sidéral, et non pas au jour lunaire, comme l'exigent les observations les plus communes et les plus anciennes ; cette seule remarque aurait dû retenir Galilée et l'empêcher de produire un argument plus propre à discréditer la doctrine du mouvement de la Terre qu'à la confirmer.

145. À deux reprises, en 1616 et en 1633, l'Inquisition condamna ce que Galilée avait écrit en faveur du système de Copernic. L'hypothèse du mouvement de la Terre fut déclarée : *falsa in Philosophia et ad minus erronæa in fide* ; l'hypothèse du repos du Soleil fut qualifiée : *falsa in Philosophia et formaliter hæretica*. Faisant sienne la doctrine que le luthérien Tycho-Brahé avait formulée en 1578, le Saint Office interdisait l'emploi de toute hypothèse astronomique qui ne s'accordait pas à la fois avec les principes de la Physique d'Aristote et avec la lettre de l'Écriture.

146. Parmi les motifs qui ont poussé l'Inquisition à porter cette condamnation à jamais déplorable, il semble que l'historien puisse discerner trois catégories.

147. Il doit mentionner, en premier lieu, le souci, très réel chez certains juges, de maintenir l'interprétation aussi littérale que possible de l'Écriture Sainte ; il semble que le Protestantisme, en reprochant sans cesse au Catholicisme de s'écarter de cette interprétation, ait grandement contribué à ~~faire gran~~ faire naître et croître ce souci ; les théologiens protestants de Wittemberg et de Tübingen, en tous cas, l'avaient ressenti ~~[…]~~ bien avant que les informateurs du Saint Office ne l'éprouvassent.

148. L'historien doit ensuite attribuer la condamnation de Galilée pour une part, et pour la plus forte part, au culte servile de la Philosophie antique ; nous avons vu à quel excès ridicules cette ~~ad~~ superstieuse [sic] admiration du Philosophe et de son Commentateur avait ~~porté~~ maintes fois porté les Averroïstes italiens ; vaincue sur tous les terrains par l'expérience et par le raisonnement, la Physique péripatéticienne emprunta pour se défendre les armes canoniques de l'Église ; et les juges de Galilée ne rougirent pas de faire marcher, de pair avec l'erreur contre la foi et avec l'hérésie, le crime de contredire à la Cosmologie du Stagirite.

149. Enfin, des jalousies et des inimitiés personnelles paraissent avoir joué un grand rôle en ce procès qui molesta Galilée, qui ne gêna guère les progrès de la Science, mais qui causa à la foi catholique des dommages dont il est difficile de mesurer l'étendue et la gravité.

XVIII. Les premiers essais de Mécanique céleste – William Gilbert – Johann Képler

150. Copernic avait cherché à définir exactement le mouvement de chacun des corps célestes et Galilée s'était efforcé de prouver que

ce mouvement procédait comme l'avait admis Copernic ; ~~ni Galilée~~ ni Copernic ni Galilée n'avaient tenté d'étendre aux astres ce qu'ils savaient de la Dynamique des mouvements sublunaires, et de déterminer par-là les forces qui entretiennent les mouvements célestes. Ils s'étaient contentés d'admettre que la rotation diurne de la Terre se perpétue en vertu d'un *impetus* donné une fois pour toutes ; que les parties des éléments qui appartiennent à un astre tendent vers le centre de cet astre en vertu d'une gravité, particulière à chacun des corps célestes, par laquelle ce corps tend à maintenir son intégrité ; leur Mécanique céleste ne dépassait guère ce qu'avaient enseigné Jean Buridan, Nicole Oresme et Nicolas de Cues.

151. Vers le temps où vivait Galilée, on vit se produire les premières tentatives destinées à constituer une Mécanique céleste, c'est-à-dire à expliquer les mouvements des astres à l'aide de forces analogues à celles dont, sur terre, nous éprouvons les effets ; les plus importantes de ces tentatives sont celles de William Gilbert (1540-1603) et de ~~Jean~~ Johann Kepler (1571-1631).

152. On doit à Gilbert un grand traité de l'aimant où il a systématiquement réuni et expérimenté, sans y rien ajouter de bien essentiel, les connaissances que possédait le Moyen-Âge sur les actions électriques et magnétiques ; c'est en ce ~~ouvrage~~ traité qu'il a commencé à ~~développer~~ exposer sa *Philosophie aimantique*, c'est-à-dire sa Mécanique céleste ; l'ouvrage où il la développait pleinement fut publié longtemps après sa mort, en 1651.

153. Comme Nicole Oresme et Copernic, Gilbert admet, en chaque astre, une gravité particulière grâce à laquelle les parties matérielles appartenant à cet astre, *et celles-là seulement*, tendent à rejoindre cet astre lorsqu'elles en ont été séparées ; Gilbert compare cette gravité particulière à chaque astre à l'action par laquelle un morceau de fer ~~tend à~~ court vers l'aimant dont il partage la nature.

Cette opinion, en laquelle Gilbert avait eu de nombreux précurseurs et aura de nombreux imitateurs, a séduit, en particulier, Francis Bacon (1561-1626) ; Bacon fut le héraut enthousiaste de la méthode expérimentale qu'il n'a jamais pratiquée et dont il se faisait l'idée la plus fausse.

154. Selon Gilbert, la Terre, le Soleil et les autres astres sont animés, et l'âme de chacun d'eux ~~lui~~ communique au corps un mouvement de rotation perpétuel.

155. Le Soleil exerce à distance, sur ~~les diverses~~ chaque planète, ~~des~~ une action normale au rayon vecteur qui va du centre du Soleil à la planète ; cette action fait tourner la planète autour du Soleil comme un cheval attelé à un manège fait tourner celui-ci.

156. En ses premiers essais de Mécanique céleste, Képler subit, de son propre aveu, l'influence de Nicolas de Cues et celle de Gilbert. ~~Comme~~ Inspiré par le premier de ces auteurs, il attribue la rotation de la Terre sur elle-même à un *impetus* communiqué par le Créateur au commencement des temps ; mais, inspiré par le second, il admet que cet *impetus* a fini par se transformer en une âme ; le Soleil, dans le système primitif de Képler comme dans celui de Gilbert, exerce à distance, sur chaque planète, une force, normale au rayon vecteur, qui produit la circulation de la planète.

157. Mais Képler a eu l'idée géniale de substituer une *attraction universelle* à l'attraction *aimantique*, particulière à chaque astre, que Gilbert considérait ; il a supposé que toute masse matérielle tendait vers toute autre masse matérielle, à quelque corps céleste qu'appartînt chacune d'elles ; qu'une portion de matière placée entre deux astres tendrait vers ~~celui qui~~ le plus gros et le plus proche lors même qu'elle ne lui aurait jamais appartenu ; qu'au moment du flux, les eaux de la mer se soulevaient vers la Lune

non pas qu'elles eussent une affinité particulière pour cet astre humide, mais en vertu de cette tendance générale qui porte les unes vers les autres toutes les masses matérielles.

158. Au cours de ses tentatives multiples pour expliquer le mouvement des astres, Képler a été amené à compliquer sa Mécanique céleste primitive ; il a admis que tous les corps célestes étaient plongés au sein d'un fluide éthéré, que la rotation du Soleil engendrait un tourbillon au sein de ce fluide dont les réactions intervenaient pour dévier chaque planète du chemin circulaire ; il a admis également qu'une certaine vertu, analogue à celle qui dirige l'aiguille aimantée, maintenait invariable dans l'espace la direction de l'axe autour duquel s'effectue la rotation de chaque planète.

159. La Mécanique céleste, hésitante et compliquée, que Képler a professée dérive d'une Dynamique bien arriérée, plus voisine, en beaucoup de points, de la Dynamique péripatéticienne que de la Dynamique parisienne ; ces hypothèses nombreuses et vagues ont, cependant, exercé une incontestable influence sur les tentatives qui se sont poursuivies, de Képler à Newton, pour déterminer les forces qui meuvent les astres.

160. Si, toutefois, Képler a préparé l'œuvre de Newton, c'est surtout par la découverte des trois admirables lois qui ont immortalisé son nom ; en enseignant que les planètes décrivaient non pas des cercles, mais des ellipses, cette découverte produisait, dans le domaine de l'Astronomie, une révolution plus profonde encore que la révolution copernicaine ; elle ruinait le dernier principe qui fût demeuré debout de la Physique antique, le principe selon lequel tout mouvement céleste se devait résoudre en mouvements circulaires.

XIX. La querelle de la Géostatique

161. Repoussée par Képler, la *Philosophie aimantique* que Gilbert avait adoptée et développée se trouva fort malmenée en une querelle dont les principes de la Statique furent le sujet.

162. Bon nombre de Scolastiques parisiens du XIVe siècle et, en particulier, Albert de Saxe avaient admis ce principe : Il y a, en tout grave, un point fixe et déterminé qui tend à se conjoindre au centre du Monde ; ce point est identique au centre de gravité considéré par Archimède. De ce principe, divers auteurs et, en particulier, Léonard de Vinci avaient déduit des corollaires qui sont demeurés en Statique. La révolution copernicaine avait peu modifié ce principe ; au centre de l'Univers, elle avait simplement substitué un point particulier à chaque astre ; c'est vers ce point que tendait le centre de gravité de toute masse appartenant à cet astre ; Copernic, Galilée, Gilbert admettaient le principe ainsi modifié, que Képler seul rejetait.

163. En 1635, Jean de Beaugrand déduisait de ce principe une théorie paradoxale sur la pesanteur des corps et, en particulier, sur la variation qu'éprouve le poids d'un corps dont on modifie la distance au centre du Monde. Des opinions analogues à celles que Beaugrand avait proposées en sa *Géostatique* furent soutenues, en Italie, par le P. Benedetto Castelli et, en France, par Pierre Fermat (1608-1665). La doctrine de Fermat fut discutée et réfutée par Étienne Pascal (1588-1651) et Gilles Persone [sic] de Roberval (1602-1675) ; l'admirable controverse que ces auteurs eurent avec Fermat contribua grandement à préciser un certain nombre de notions employées en Statique, entre autres, celle de centre de gravité.

164. Pour donner aux propositions essentielles de la Statique un fondement inébranlable, Descartes fut amené, par la controverse dont nous venons de parler, à reprendre la méthode des déplacements virtuels exactement sous la forme où l'École de Jordanus l'avait employée.

165. D'autre part, Torricelli fonda tous ses raisonnements relatifs aux lois de l'équilibre sur cet axiome : Un système pesant est en équilibre lorsque le centre de gravité de tous les corps qui le forment est le plus bas possible. Cette proposition avait été tirée par Cardan et, peut-être, par Léonard de Vinci de la doctrine d'Albert de Saxe ; mais Torricelli eut soin de ne l'employer qu'en des circonstances où l'on regarde toutes les verticales comme parallèles entre elles ; par-là, il brisa tout lien entre l'axiome qu'il admettait et les hypothèses douteuses soit de la Physique parisienne, soit de la Philosophie aimantique.

166. Les principes de la Statique se trouvèrent, désormais, formulés avec précision. John Wallis (1616-1703), l'abbé Pierre Varignon (1654-1722) et Jean Bernoulli (1667-1748) n'eurent plus qu'à compléter et à développer les indications de Stevin, de Roberval, de Descartes et de Torricelli.

XX. L'œuvre de René Descartes

167. Nous venons de dire quelle part René Descartes (1596-1650) avait pris à la constitution de la Statique en remettant en honneur la méthode des déplacements virtuels ; il a pris à la constitution de la Dynamique une part encore plus importante.

168. Il a clairement formulé la loi de l'inertie, que Benedetti avait aperçue ; tout corps qui se meut tend, si rien ne l'empêche, à continuer son mouvement en ligne droite avec une vitesse constante ; un corps ne peut se mouvoir en cercle que s'il est retenu vers le

centre, d'où la force centrifuge par laquelle ce corps tend à s'éloigner du centre ; les considérations de Descartes au sujet de cette loi sont tellement semblables à celles de Benedetti qui l'on peut admettre une influence exercée par la découverte de celui-ci sur la découverte de celui-là ; d'autant que les travaux de Benedetti étaient connus du P. Marin Mersenne (1588-1648) qui fut le fidèle ami et le correspondant de Descartes.

169. À la loi de l'inertie, Descartes rattacha cette vérité : une pesanteur constante en grandeur et en direction engendre un mouvement uniformément accéléré. Nous avons vu, d'ailleurs, comment Pierre Gassend avait su rectifier, à l'aide des principes de Descartes, ce que Galilée avait enseigné touchant la chute des corps pesants et le mouvement des projectiles.

170. En Statique, on peut bien souvent remplacer un corps pesant par un point matériel placé en son centre de gravité ; peut-on, en Dynamique, traiter le mouvement d'un corps comme si ce corps était tout entier concentré en l'un de ces points, et quel est ce point ? Cette question, relative à l'existence et à la recherche du *centre d'impulsion* avait déjà préoccupé ~~Gali~~ Léonard de Vinci et, après lui, Bernardino Baldi (1553-1617) ; Baldi avait reconnu qu'en un corps animé d'un mouvement de translation, le centre d'impulsion ne diffère pas du centre de gravité.

171. Existe-t-il un centre d'impulsion, et où se trouve-t-il, en un corps animé d'un mouvement autre qu'une translation, par exemple d'une rotation autour d'un axe ? En d'autres termes, existe-t-il un pendule simple qui se meuve de la même manière qu'un pendule composé donné ? Inspiré, sans doute, par la lecture de Baldi, le P. Mersenne posa ce problème à ses deux amis Roberval et Descartes ; les efforts que les deux géomètres firent pour le résoudre et le désaccord des solutions qu'ils proposèrent les brouilla l'un

avec l'autre ; Descartes avait, plus que Roberval, approché de la connaissance de la vérité ; mais les principes de Dynamique dont il usait n'avaient pas une précision assez grande pour qu'il pût justifier son opinion d'une manière convaincante ; il devait laisser cette gloire à Christiaan Huygens.

172. Les jésuites qui, au Collège de la Flèche, avaient été les maîtres de Mersenne et de Descartes, enseignaient non pas la Physique péripatéticienne en sa routinière intégrité, mais la Physique parisienne ; le traité de Physique qui guidait l'enseignement de la Flèche était représenté par les *Commentaires* à Aristote publiés, à la fin du XVI[e] siècle et au début du XVII[e] siècle, par les Jésuites de Coïmbre. On comprend donc que la Dynamique de Descartes ait présenté de nombreux points de contact avec la Dynamique de Jean Buridan et des Parisiens. Les rapports de la Physique parisienne et de la Physique cartésienne étaient assez étroits pour que certains maîtres de la Flèche, tels que le P. Étienne Noël (1581-1660) devinssent cartésiens. D'autres jésuites tentèrent d'accomplir une sorte de synthèse de la Mécanique de Galilée et de Descartes avec la Mécanique enseignée par la Scolastique parisienne ; au premier rang de ceux-ci, il faut citer un ami du P. Mersenne, le P. Honoré Fabri (1606-1688).

173. En tout corps en mouvement, Descartes admet l'existence d'une certaine puissance à continuer son mouvement dans la même direction et avec la même vitesse ; cette puissance, qu'il nomme la *quantité de mouvement*, il la mesure en évaluant le produit de la masse du mobile par la vitesse qui l'entraîne. L'affinité est étroite entre le rôle que Descartes attribue à cette quantité de mouvement et celui qu'un Buridan attribuait à l'*impetus* ; le P. Fabri ne méconnaît pas cette analogie ; le *momentum* qu'il considère est, à la fois, l'*impetus* des Parisiens et la *quantité de mouvement* de Descartes ; en Statique, il identifie ce *momentum* avec ce que Galilée

appelait *momento* ou *impeto*, et cette identification est très certainement conforme à la pensée du Pisan. La synthèse du P. Fabri est bien propre à mettre en évidence cette vérité : La Dynamique moderne dont Galilée et Descartes posaient les fondements procédait presque immédiatement de la Statique enseignée, au XIVe siècle, en la faculté des arts de Paris.

174. Si les vérités particulières de Physique que Descartes démontrait ou entrevoyait se pouvaient aisément relier à la Philosophie du XIVe siècle, les principes sur lesquels le grand géomètre les voulait faire reposer étaient absolument incompatibles avec cette Philosophie. Niant, en effet, qu'il existât en la réalité quoi que ce soit de qualitatif, Descartes ~~voulait~~ exigeait que la matière se réduisît à l'étendue et aux attributs dont l'étendue lui semblait susceptible, savoir la figure et le mouvement ; c'est par des combinaisons de diverses figures et de divers mouvements que devaient, à son gré, s'expliquer tous les effets de Physique.

175. La puissance par laquelle un corps tend à conserver la direction et la vitesse de son mouvement n'est donc pas une qualité, distincte du mouvement, tel que l'*impetus* considéré par les Scolastiques ; ce n'est rien d'autre que le mouvement lui-même, ainsi que Guillaume d'Ockam l'enseignait déjà au début du XIVe siècle.

176. Un corps en mouvement et isolé garderait toujours même quantité de mouvement ; mais il n'y a pas de corps isolé dans le vide ; la matière étant identique à l'étendue, le vide est inconcevable ; la compressibilité l'est également ; les seuls mouvements concevables sont ceux qui se peuvent produire au sein d'une matière incompressible, c'est-à-dire des mouvements tourbillonnaires fermés sur eux-mêmes.

177. En de tels mouvements, les corps se chassent les uns les autres de la place qu'ils occupaient ; en une telle communication de mouvement, la quantité de mouvement de chacun de ces corps varie ; mais la quantité totale de mouvement de tous les corps qui se sont mûs les uns les autres demeure invariable ; Dieu maintient toujours dans ~~les corps~~ le monde même quantité de mouvement.

178. Cette communication de mouvement par choc direct est la seule action que les corps puissent exercer les uns sur les autres ; ~~dans~~ en la Physique de Descartes comme en celle d'Aristote, un corps n'en peut mettre un autre en mouvement que s'il le touche ; l'action immédiate à distance est inconcevable.

179. Il existe diverses espèces de matières, qui ne diffèrent les unes des autres que par les grandeurs et figures des parties juxtaposées qui les forment ; en particulier, l'espace qui s'étend entre les divers corps célestes est rempli par une certaine *matière subtile* dont les parties très ténues pénètrent aisément les pores que laissent entre elles les parties constitutives plus grossières des autres corps. Les propriétés de la matière subtile jouent un rôle essentiel en toute la Cosmologie de Descartes.

180. Les tourbillons dont se meut la matière subtile et les pressions qu'engendrent ces mouvements tourbillonnaires servent à expliquer tous les phénomènes célestes ; Leibniz a fort bien jugé que Descartes, en cette partie de son œuvre, avait beaucoup emprunté à Képler.

181. Descartes s'est également efforcé d'expliquer, à l'aide des figures et mouvements de la matière subtile et des autres matières, les divers effets que l'on observe en Physique, en particulier les propriétés de l'aimant et celles de la lumière. La lumière est ~~l'effet de~~ identique à la pression que la matière subtile exerce sur les corps ; comme la matière subtile est incompressible, la lumière se transmet instantanément à toute distance, si grande soit-elle.

182. Les suppositions à l'aide desquels Descartes a tenté de réduire tous les phénomènes physiques à des combinaisons de figures et de mouvements n'ont eu à-peu-près aucune part aux découvertes qu'il a faites en Physique ; ainsi l'identification de la lumière avec la pression exercée par la matière subtile ne joue aucun rôle dans l'invention des vérités nouvelles que Descartes a enseignées en Optique.

183. Au premier rang de ces vérités, il faut placer la loi de la réfraction de la lumière passant d'un milieu dans un autre, soit que Descartes ait découvert lui-même cette loi, soit, comme l'en a accusé Huygens, qu'il l'ait empruntée à Willebrord Snell (1591-1626) sans en citer le véritable auteur. Par cette loi, Descartes a donné la théorie de la réfraction à travers un prisme, ce qui lui a permis de mesurer ~~la théorie de la~~ les indices de réfraction ; il a grandement perfectionné l'étude des lentilles ; enfin, il a complété l'explication de l'arc-en-ciel, qui n'avait nullement progressé depuis le traité donné en l'an 1300 par Thierry de Fribourg ; toutefois, la raison pour laquelle les rayons sortant des gouttes d'eau se montrent diversement colorés n'était pas mieux connue de Descartes que d'Aristote ; pour se manifester, elle attendra que Newton la découvre.

XXI. Les progrès de la Physique expérimentale

184. Même en l'œuvre de Descartes, les découvertes de Physique furent à-peu-près indépendantes du Cartésianisme ; la connaissance des vérités naturelles continua de progresser hors de l'influence du Cartésianisme et, parfois, à l'encontre de ce système, encore que ceux auxquels ces progrès étaient dûs [sic] fussent souvent cartésiens.

185. Ces progrès ont été en très grande partie l'effet d'un usage de plus en plus fréquent et de plus en plus habile de la méthode expérimentale.

186. L'art de [...] faire des expériences logiquement enchaînées et d'en déduire les conséquences qu'elles entraînent est fort ancien ; en un sens, les œuvres que cet art va produire ne seront pas plus parfaites que les recherches de Pierre de Maricourt sur l'aimant ou de Thierry de Fribourg sur l'arc-en-ciel. Mais si l'art demeure le même, la technique va se perfectionnant ; des ouvriers plus habiles, des procédés plus puissants fournissent aux physiciens des instruments plus compliqués et mieux exécutés ; il peut ainsi réaliser des expériences plus délicates.

187. De ce développement nouveau de la méthode expérimentale, les essais, encore bien imparfaits, de Galilée par lesquels Galilée et le P. Mersenne ont tenté de déterminer le poids spécifique de l'air marquent le début. Tout aussitôt, il se trouve vivement pressé par les discussions relatives au vide.

188. En la Physique péripatéticienne, l'existence d'un espace vide était une contradiction logique ; après les condamnations portées à Paris, en 1277, par Étienne Tempier, l'existence du vide cessa d'être considérée comme absurde ; on admit seulement comme une vérité de fait que les puissances de la nature sont ainsi faites qu'elles s'opposent à la production d'un espace vide. Touchant les forces qui empêchent le vide d'apparaître, diverses conjectures étaient proposées ; la plus sensée et, semble-t-il, la plus courante chez les Parisiens de la fin du XVI[e] siècle était celle-ci : Les corps contigus adhèrent les uns aux autres, et cette adhérence est maintenue par des forces semblables à celles par lesquelles un morceau de fer est retenu par l'aimant qu'il touche ; ceux qui nommaient cette sorte de force *horror vacui* n'entendaient aucunement, en usant de cette appellation, animer les corps ni leur prêter des sentiments analogues aux nôtres.

189. Un morceau de fer trop lourd se détache de l'aimant qui le doit supporter ; sa pesanteur a vaincu la force par laquelle l'aimant le retenait ; de même, le poids d'un corps trop lourd peut ~~faire~~ empêcher l'horreur du vide de soulever ce corps. ~~Cette explication suite~~ Ce corollaire fort logique de l'hypothèse que nous venons de rappeler fut formulé par Galilée ; il y vit l'explication d'un fait bien connu des fontainiers de son temps : une pompe aspirante ne peut élever l'eau plus haut que trente-deux pieds.

190. Ce corollaire entraînait la possibilité de produire un espace vide ; c'est ce que vit Torricelli qui, en 1644, réalisa la célèbre « expérience du vif-argent » destiné [sic] à immortaliser son nom. Mais en même temps, il entrevit une nouvelle explication de cette expérience ; le vif-argent est soutenu dans le tube non par l'horreur du vide, qui n'existe pas, mais par la pression que l'air pesant exerce sur la surface extérieure de la cuvette.

191. L'expérience de Torricelli sollicita vivement l'attention des physiciens ; connue en France, grâce au P. Mersenne, elle suscita, de la part de Mersenne et de ceux qui avaient commerce avec lui, de nombreuses expériences où Roberval et Blaise Pascal (1623-1662) rivalisèrent d'ingéniosité ; afin de disposer plus aisément des ressources de la technique, Pascal fit dans une verrerie de Rouen ses saisissantes expériences.

192. Parmi les nombreux chercheurs que préoccupait l'expérience de Torricelli, les uns acceptaient l'explication par la « colonne d'air » que le grand géomètre italien avait proposée ; les autres, tel Roberval, tenaient pour l'ancienne hypothèse d'une attraction analogue aux actions magnétiques. Pour trancher le différend, une expérience pouvait être faite ; il s'agissait de mesurer à quelle hauteur le mercure demeure suspendu dans le tube de Torricelli

lorsqu'on l'observe d'abord au pied d'une montagne, puis au sommet de cette même montagne ; l'idée de cette expérience paraît s'être présentée d'elle-même à l'esprit de plusieurs physiciens, notamment du P. Mersenne, de Descartes et de Blaise Pascal ; sur les indications de ce dernier et par les soins de son beau-frère Périer, elle fut exécutée entre la base et le sommet du Puy-de-Dôme le 19 septembre 1648. Le *Traité de l'équilibre des liqueurs et de la pesanteur de la masse de l'air*, que Blaise Pascal rédigea par la suite, est justement cité comme un modèle de l'art d'enchaîner logiquement les expériences et les déductions.

193. Entre atomistes et cartésiens, on discuta fort pour savoir si le haut du tube de Torricelli est réellement vide ou s'il est rempli de matière subtile ; mais ces discussions portèrent peu de fruit. En revanche, la méthode expérimentale, si exactement suivie par Torricelli, par Pascal et par leurs émules, continua de progresser pour le plus grand bien de la Physique.

194. Otto ~~de~~ von Guericke (1602-1686) semble avoir précédé de beaucoup Torricelli en la production d'un espace vide, puisqu'il paraît avoir construit entre 1632 et 1638 sa première machine pneumatique ; à l'aide de cet instrument, il fit, en 1654, les célèbres « expériences de Magdebourg » que publia, en 1657, son ami le P. Gaspar Schott (1608-1660).

195. Informé par le P. Schott des recherches d'Otto von Guericke, Robert Boyle (1627-1691) perfectionna la machine pneumatique, et avec l'aide de Richard Townley, son élève, poursuivit les expériences qui ont fait connaître la loi de compressibilité des gaz parfaits. Ces expériences furent reprises et poursuivies en France par l'abbé Mariotte (1620-1684).

196. L'emploi de la dilatation d'un fluide pour mettre en évidence les changements de température était déjà connu de Galilée, soit que

Galilée fût l'inventeur de ce thermoscope, soit qu'il eût été découvert par quelqu'un des nombreux physiciens auxquels on en attribue la priorité : Santorio dit Sanctorius (1560-1636), fra Paolo Sarpi (1552-1623), Cornelius Drebbel (1572-1634), et Robert Fludd (1574-1637). Bien que les divers thermoscopes à air ou à liquide employés tout d'abord, ne portassent qu'une graduation arbitraire, ils permettaient déjà de mettre en évidence la constance de la température ou le sens de ses variations, partant de découvrir bon nombre de lois de Physique.

197. C'est ainsi que cet appareil put être employé par l'Académie del Cimento, inaugurée le 19 juin 1657 à Florence et consacrée à l'étude de la Physique expérimentale ; aux membres de cette Académie on doit, en particulier, la démonstration de la constance du point de fusion de la glace et de l'absorption de chaleur qui accompagne la fusion.

198. De telles observations, faites au moyen du thermoscope, rendaient extrêmement désirable la transformation de cet appareil en thermomètre à l'aide d'une graduation définie de telle sorte que l'on pût, en tous lieux, réaliser des instruments comparables les uns avec les autres ; ce problème, l'un des plus importants de la Physique, ne fut résolu qu'en 1702 par Guillaume Amontons (1663-1705), mais il le fut de la manière la plus remarquable. Amontons prit pour point de départ ces deux lois, découvertes ou vérifiées par lui : Le point d'ébullition de l'eau sous la pression atmosphérique est constant. Les pressions supportées par deux masses d'air quelconques que l'on échauffe de la même manière, en deux volumes constants quelconques, gardent un rapport indépendant de la température. Ces deux lois permirent à Amontons d'employer le thermomètre à air sous volume constant et de le graduer de telle

sorte qu'il donnât ce que nous nommons aujourd'hui la température absolue. De toutes les définitions qui ont été proposées depuis pour le degré de température, il avait, du premier coup, trouvé la plus parfaite.

199. Pourvue d'instruments propres à mesurer la pression et à repérer la température, la Physique expérimentale ne pouvait manquer de faire de rapides progrès ; ces progrès se trouvaient encore favorisés par l'intérêt qu'y prenaient les Sociétés savantes récemment fondées. L'Academia del Cimento, inaugurée en 1657, avait pris fin en 1667 ; mais la Royal Society de Londres avait commencé ses séances en 1663 ; en 1666, l'Académie des Sciences de Paris avait été fondée ou, plutôt, organisée par Colbert. Ces diverses Académies devinrent tout aussitôt des foyers intenses de recherche scientifique touchant les phénomènes naturels.

XXII. La théorie ondulatoire de la lumière

200. C'est à l'Académie des Sciences de Paris qu'en 1678, Christiaan Huygens (1629-1695) présentait son *Traité de la lumière*.

201. Selon le système Cartésien, la lumière doit, par l'intermédiaire de la matière subtile incompressible, se transmettre instantanément à toute distance. Descartes n'avait pas hésité à déclarer à Fermat que sa Philosophie entière s'effondrerait le jour où l'on démontrerait que la lumière se propage avec une vitesse finie. Or, en 1675, l'astronome danois Ole Römer (1644-1710) communiquait à l'Académie des Sciences la mesure de la vitesse considérable, mais finie, avec laquelle la lumière traverse l'espace qui sépare les planètes les unes des autres ; l'étude des éclipses des satellites de Jupiter lui avait fourni cette détermination.

202. La théorie optique de Descartes était ruinée ; Christiaan Huygens entreprit d'édifier une théorie nouvelle de la lumière. Il se laissa

constamment guider par la supposition qu'au sein de l'*éther* compressible, substitué à la *matière subtile* incompressible, la lumière se propage par ondes toutes semblables à celles qui transmettent le son au travers d'une masse gazeuse.

203. Cette assimilation le conduisit à une explication, demeurée classique, des lois de la réflexion et de la réfraction ; en cette explication, l'indice de réfraction de la lumière passant d'un ~~premier~~ milieu dans un autre est égal au rapport de la vitesse de propagation dans le premier milieu à la vitesse de propagation dans le second ; cette loi fondamentale devait attendre jusqu'en 1850 que Foucault ~~en~~ lui donnât la confirmation directe de l'expérience.

204. Mais Huygens ne s'en tint pas là.

205. Erasme Berthelsen, dit Bartholinus (1625-1698) avait découvert, en 1669, la double réfraction du spath d'Islande ; par une généralisation aussi ingénieuse qu'audacieuse de la théorie qu'il avait donnée pour les milieux non cristallisés, Huygens parvint à tracer la figure de la surface d'onde lumineuse au sein d'un cristal tel que le spath ou le quartz, et à déterminer les lois, si complexes en apparence, de la double réfraction de la lumière au sein de ces cristaux. Il mit, en même temps, en évidence les phénomènes de polarisation qui accompagnent cette double réfraction, mais sans pouvoir tirer, de sa théorie optique, l'explication de ces effets.

206. La comparaison entre la lumière et le son conduisit en 1699 le P. Malebranche (1638-1715) à des suppositions singulièrement fécondes. La lumière, selon Malebranche, est un mouvement vibratoire analogue à celui qui produit le son ; l'amplitude plus ou moins grande de ce mouvement engendre, en l'un comme en l'autre cas, une intensité plus ou moins forte ; mais tandis que, pour le son, chaque période correspond à une note particulière, elle correspond, pour la lumière, à une couleur particulière. Par

cette analogie, Malebranche était conduit à concevoir la notion de lumière monochromatique que Newton allait tirer d'expériences admirablement conduites ; en outre, entre il établissait entre la couleur simple et la période de la vibration lumineuse la relation que l'Optique d'Young et de Fresnel devait conserver.

XXIII. La constitution de la Dynamique

207. Pour les Cartésiens aussi bien que pour les Atomistes, le choc était le seul procédé par lequel les corps pussent se mettre les uns les autres en mouvement ; aux uns Cartésiens comme aux autres Atomistes, donc, la théorie du choc apparaissait comme le premier chapitre d'une Physique rationnelle. Cette théorie avait déjà provoqué les tentatives de Galilée, de Marcus Marci (1639) et de Descartes lorsqu'en 1668, la Royal Society de Londres la proposa pour sujet de concours ; des trois mémoires importants qui furent soumis au jugement de cette société par John Wallis, par Matthew Christophe Wren (1585 1632-1723) et par Christiaan Huygens, le dernier seul retiendra notre attention en cette rapide étude.

208. Huygens y adoptait ce principe : Si un système matériel soumis à la seule action de la pesanteur, part d'une certaine position avec des vitesses initiales toutes égales à zéro, à aucun moment, le centre de gravité de ce système ne pourra monter plus haut qu'il n'était au début du mouvement ; ce principe, il le justifiait en observant que, s'il était faux, le mouvement perpétuel serait possible.

209. Pour retrouver l'origine de cet axiome, il faudrait remonter jusqu'au *De subtilitate* de Cardan, qui l'avait peut-être tiré des notes de Léonard de Vinci ; la proposition dont Torricelli avait fait dépendre sa Statique était un corollaire de ce postulat.

210. En admettant l'exactitude de ce postulat même dans le cas où des parties du système s'entrechoquent, en le combinant avec la loi de

la chute accélérée des graves, tirée des œuvres de Galilée, et avec un autre postulat sur la relativité du mouvement, Huygens parvenait à la loi du choc des corps durs ; il montrait que la quantité dont ce choc laisse la valeur invariable, ce n'est pas, comme le voulait Descartes, la quantité totale de mouvement, mais celle que Leibniz allait nommer *quantité de force vive*.

211. L'axiome qui l'avait si heureusement servi en l'étude du choc des corps, Huygens l'étendit à un corps pesant qui oscille autour d'un axe horizontal ; par-là, son *Horologium oscillatorium*, paru en 1673, put résoudre de la manière la plus élégante et la plus complète le problème des centres d'oscillation déjà abordé par Descartes et par Roberval.

212. L'axiome d'Huygens ruinait la Dynamique cartésienne ; c'est ce que Godfried Wilhelm von Leibniz (1646-1716) montra en 1686. Si l'on veut, comme Descartes, mesurer l'effet d'une force par le travail qu'elle produit, si l'on admet, d'ailleurs, l'axiome d'Huygens et la loi de la chute des graves, on trouve que cet effet n'est pas mesuré par l'accroissement de la quantité de mouvement du mobile, mais par l'accroissement qu'éprouve la moitié du produit de la masse du mobile par le carré de sa vitesse ; c'est ce produit que Leibniz nomme *force vive* (*vis viva*).

213. L'*Horologium oscillatorium* d'Huygens ne donnait pas seulement la solution du problème du centre d'oscillation ; il donnait en outre l'énoncé des lois qui, en un mouvement circulaire, régissent la grandeur de la force centrifuge ; par-là, il préparait la voie au législateur de la Dynamique, à Newton.

XXIV. L'œuvre de Newton

214. Depuis le temps de Galilée et de Descartes jusqu'au temps de Huygens et de Leibniz, la plûpart [sic] des grandes vérités de la Dynamique avaient été découvertes ; cette science réclamait un Euclide qui l'organisât sur le même type que la Géométrie ; Isaac Newton (1642-1727) fut cet Euclide ; en ses *Philosophiæ naturalis principia mathematica*, publiés en 1687, il parvint à déduire la science entière du mouvement de trois postulats : L'inertie, l'indépendance des effets des forces et des mouvements antérieurement acquis, l'égalité de l'action et de la réaction.

215. N'eussent-ils contenu que cette ~~[…]~~ coordination de la Dynamique en un système logique que les *Principes* de Newton eussent été, néanmoins, l'un des écrits les plus importants que l'humanité ait produits ; mais ils donnaient, en outre, de cette Dynamique, la plus grandiose application qui se pût concevoir en la faisant servir à l'établissement de la Mécanique céleste.

216. Newton parvint, en effet, à montrer que les lois de la chute des graves à la surface de la terre, les lois qui président au mouvement des planètes autour du Soleil et des satellites autour des planètes qu'ils accompagnent, enfin les lois qui régissent ~~le flux et le reflux le flux et le reflux de la mer~~ [sic] la figure de la terre ou des autres astres ainsi que le flux et le reflux de la mer, ne sont que les nombreux corollaires de cette hypothèse unique : Deux parties de matière, quelles qu'en ~~soit~~ soient l'origine et la nature, exercent l'une sur l'autre une attraction ~~réciproq~~ proportionnelle au produit de leurs masses et en raison inverse du carré de la distance qui les sépare.

217. Le principe dominateur de la Physique antique affirmait la distinction essentielle entre les lois qui président aux mouvements des astres, êtres exempts de naissance, de changement et de mort,

et les lois qui président aux ~~trans~~ mouvements des corps sublunaires, soumis à la génération et à la corruption ; depuis la naissance de la Physique chrétienne, ~~[…]~~ et surtout depuis la fin du XIIIe siècle, l'œuvre des physiciens avait été un long effort pour renverser l'autorité de ce principe et pour soumettre aux mêmes règles le monde céleste et le monde sublunaire ; la doctrine de la *gravitation universelle* était l'aboutissement de cet effort quatre fois séculaire.

218. Au fur et à mesure que les années s'approchent de celle où Newton ~~mettra~~ produira son système ~~au jour~~, on voit se multiplier des tentatives cosmologiques qui sont comme les avant-coureurs de cette découverte. Otto de Guericke, reprenant, en 1672, la Mécanique céleste de Képler, n'y apporte qu'une correction, et cette correction malheureuse fait disparaître la seule proposition par laquelle cette Mécanique préparait celle de Newton ; Képler admettait que deux masses matérielles quelconques s'attirent ; à l'imitation de Copernic, de Gilbert et de Galilée, Otto de Guericke restreint cette mutuelle attraction aux parties d'un même astre ; bien loin d'être attirées par la Terre, des parcelles de la Lune seraient repoussées par la Terre si on les plaçait à la surface de ce corps. Mais dès 1644, sous le pseudonyme d'Aristarque de Samos, Roberval donnait une Mécanique céleste où l'attraction était *peut-être* mutuelle entre deux masses quelconques ; où, en tous cas, la Terre et Jupiter attiraient leur satellite avec une puissance identique à la gravité dont ils dotent leurs propres fragments. En 1665, sous prétexte d'expliquer les mouvements des satellites de Jupiter, Alphonse Borelli (1608-1679) tente de donner une théorie qui embrasse à la fois les mouvements des planètes autour du Soleil et les mouvements des satellites autour des planètes ; le premier des modernes (car Plutarque l'a précédé), il a l'idée que l'attraction par laquelle une planète tend vers le Soleil, par laquelle

un satellite tend vers l'astre qu'il accompagne, fait équilibre à la force centrifuge produite par la circulation de cette planète ou de ce satellite. En 1674, Robert Hooke (1635-1702) formule avec précision la même idée ; il suppose déjà que l'attraction de deux masses doit varier en raison inverse du carré de leur distance, en sorte qu'il est en possession des hypothèses fondamentales de la théorie de la gravitation universelle ; ces hypothèses, Wren les admet vers la même époque ; mais ni l'un ni l'autre n'est en état d'en tirer la Mécanique céleste, parce qu'il leur manque encore la connaissance des lois de la force centrifuge, que Huygens publie à ce moment même. En 1684, Edmond Halley (1656-1742) tente de combiner les théorèmes d'Huygens avec les hypothèses de Hooke ; mais avant que son travail ne soit achevé, Newton ~~qui, depuis~~ présente ses *Principes* à la Royal Society ; depuis vingt ans, cet homme de génie poursuivait dans le silence ses méditations sur le système du Monde. Halley, qui n'avait pu devancer Newton, eut la gloire d'étendre le domaine de la gravitation universelle en y faisant entrer les comètes (1705).

219. Newton ne se contenta pas de créer la Mécanique céleste ; il fit faire à l'Optique un progrès considérable ; la coloration du spectre que donne la lumière blanche en traversant un prisme de verre n'avait cessé, depuis l'Antiquité, de provoquer l'admiration des observateurs et la sagacité des physiciens, sans que personne en eût fourni une explication satisfaisante ; cette explication, Newton la donna en créant une théorie des couleurs, ce à quoi tant de philosophes, depuis Aristote, s'étaient vainement efforcés. La théorie donnée par le physicien anglais s'accordait avec celle que le *P.* Malebranche concevait au même moment ; mais la théorie de Malebranche n'était encore qu'une hypothèse suggérée par l'analogie entre la lumière et le son ; l'explication de Newton, au contraire, est tirée d'expériences aussi simples qu'ingénieuses ; l'exposé que l'auteur en a donné est un des plus beaux exemples d'induction expérimentale.

220. Newton, malheureusement, méconnut cette analogie entre le son et la lumière qui avait fourni à Huygens et à Malebranche des aperçus si féconds. Il supposa que la lumière était formée de projectiles extrêmements [sic] petits lancés avec une extrême vitesse par les corps incandescents. Les particules du milieu au sein duquel ces projectiles se meuvent exercent sur eux des attractions qui sont analogues à l'attraction universelle ; mais ces nouvelles attractions ne varient pas en raison inverse du carré de la distance ; elles varient suivant une autre fonction de la distance, de telle manière qu'elles s'exercent avec une très grande puissance entre une particule matérielle et un corpuscule lumineux très voisins, mais qu'elles deviennent tout à fait insensibles aussitôt que les deux masses entre lesquelles elles s'exercent sont séparées l'une de l'autre par une longueur perceptible.

221. Ces actions exercées par les particules d'un milieu sur les corpuscules lumineux qui les traversent ~~font~~ changent la vitesse avec laquelle ces corps se meuvent et la direction qu'ils suivent, au moment où ils passent d'un milieu dans un autre ; de là le phénomène de la réfraction ; l'indice de réfraction est le rapport de la vitesse qu'a la lumière dans le milieu où elle entre à la vitesse qu'elle avait dans le milieux qu'elle quitte ; cette valeur de l'indice est précisément l'inverse de celle que lui attribue la théorie d'Huygens ; de là, entre les deux théories, une opposition qui sera, en 1850, soumise par Foucault au jugement de l'expérience ; l'expérience condamnera alors la *théorie de l'émission* proposée par Newton.

222. Newton parvint à démêler les lois expérimentales qui régissent la coloration des lames minces telles que les bulles de savon ; il y parvint en obligeant, par la forme appropriée de la lame mince, ces couleurs à prendre la disposition régulière que l'on a appelée

anneaux de Newton. Pour expliquer ce phénomène, il imagina que les projectiles lumineux avaient une forme telle qu'ils pussent, à la ~~traversée de~~ surface de contact de deux milieux, soit passer aisément, soit se réfléchir aisément, selon qu'ils se présentaient d'une manière ou d'une autre au moment du passage ; un mouvement de rotation les fait passer alternativement par des *accès de facile transmission* et par des accès de *facile réflexion*.

223. Newton pensait avoir rendu raison des principaux phénomènes optiques en supposant qu'à côté de l'attraction universelle, il existât une attraction, sensible seulement à très petite distance, exercée par les particules des corps sur les corpuscules lumineux ; il en vint naturellement à croire que ces deux sortes d'attraction suffiraient à expliquer tous les phénomènes de la Physique ; les actions qui sont sensibles à des distances notables, telles que les actions électriques et magnétiques, devaient suivre des lois analogues à celles qui régissent la gravité universelle ; au contraire, les effets de la capillarité et de la cohésion, les ~~[…]~~ dissolutions et les réactions chimiques devaient dépendre d'*attractions moléculaires*, sensibles seulement à des distances extrêmement petites, et analogues à celles qu'éprouvent les corpuscules lumineux.

224. Cette vaste hypothèse était proposée par Newton en une *question* placée à la fin de la seconde édition de l'*Optique* (1717) ; cette question traçait, en quelque sorte, le programme que la Physique du XVIIIe siècle allait s'efforcer de remplir.

XXV. Les progrès de la Mécanique générale et de la Mécanique céleste au XVIIIe siècle

225. Ce programme comporte trois parties :

226. En premier lieu, il demande que la Mécanique générale et la Mécanique céleste progressent dans la voie que Newton a tracée.

227. En second lieu, il réclame que les phénomènes électriques et magnétiques soient ordonnés en une théorie analogue à celle de la gravitation universelle.

228. En troisième lieu, il souhaite que les attractions moléculaires fournissent l'explication détaillée des divers changements qu'étudient la Physique et la Chimie.

229. Nombreux furent ceux qui s'élancèrent sur les traces de Newton et s'efforcèrent d'accroître le domaine de la Mécanique générale et de la Mécanique céleste ; mais il en est trois qui semblent ~~surpasser~~ avoir dépassé tous les autres ; ce sont Alexis Claude Clairaut (1713-1765), Jean Le Rond D'Alembert (1717-1783) et Léonard Euler (1707-1783).

230. Les progrès que la Mécanique générale a accomplis, grâce à ces trois génies, peuvent se résumer ainsi :

231. En 1743, par son principe de l'équilibre des canaux, facile à rattacher au principe des déplacements virtuels, Clairaut obtint les équations générales de l'équilibre des liquides. La même année, D'Alembert avait formulé une règle qui ramène tout problème de mouvement à un problème d'équilibre ; en 1744, il fit l'application de cette règle aux équations de l'Hydrostatique données par Clairaut et il produisit les équations de l'Hydrodynamique ; ces équations, Euler les transforma et put ainsi obtenir dans l'étude du mouvement des liquides des résultats non moins importants que ceux dont il s'était rendu maître en analysant le mouvement des solides.

232. Clairaut a poussé dans toutes les directions les conséquences de l'hypothèse de l'attraction universelle ; en 1743, les équations de l'Hydrostatique qu'il avait établies lui ont permis de perfectionner la théorie de la figure de la terre ; en 1752, il donna la théorie des

inégalités lunaires dont il avait, tout d'abord, désespéré de rendre compte par les principes de Newton ; les méthodes qu'il avait créées pour l'étude des perturbations que les diverses planètes produisent en la marche d'un astre lui permettent en 1758 d'annoncer avec précision l'époque du retour de la comète de Halley ; la confirmation de cette prévision, en laquelle Lalande (1732-1807) et M[me] Lepaute avaient aidé Clairaut de leur science de calculateurs, mettait hors de doute la légitimité de l'extension des hypothèses de Newton aux comètes.

233. Quelque grands que soient les perfectionnements apportés par Clairaut au système de l'attraction universelle, ils n'éclipsent pas n'atteignent pas en importance le complément que D'Alembert a donné à ce système. Newton n'avait pu déduire de ses suppositions une théorie satisfaisante de la précession des équinoxes et cette lacune déparait l'harmonieuse doctrine de la gravitation universelle ; en 1749, d'Alembert tira de l'hypothèse de cette gravitation, l'explication de la précession des équinoxes et de la nutation de l'axe de la terre ; bientôt, grâce aux admirables ressources de son génie mathématiques, Euler perfectionnait encore la belle découverte de D'Alembert.

234. Clairaut, D'Alembert et Euler avaient été les génies les plus brillants parmi toute une pleïade [sic] de mécaniciens et d'astronomes ; à cette pleïade [sic] en succéda une autre en laquelle se remarquaient surtout deux hommes d'une incomparable grandeur intellectuelle, Joseph Louis Lagrange (1736-1813) et Pierre-Simon Laplace (1749-1827). On a dit de Laplace qu'il était né pour achever la Mécanique céleste s'il était de la nature d'une science de pouvoir jamais être achevée ; on en pourrait dire autant de Lagrange et de la Mécanique générale. En 1787, Lagrange donnait la première édition de sa *Mécanique analytique*, dont la seconde édition, grandement accrue, acheva de paraître après la mort de l'auteur ; la *Mécanique céleste* de Laplace fut

publiée en 1799 à 1805 ; ces deux ouvrages présentent aux yeux le tableau de toutes les la plûpart des conquêtes que le XVIIIe siècle avait faites, au cours du XVIIIe siècle, à l'aide des principes que Newton avait assignés à la Mécanique générale et des lois qu'il avait imposées à la gravitation universelle. Ces deux traités, cependant, si vastes et imposants soient-ils, ne renferment pas, à beaucoup près, toutes les découvertes que la Mécanique générale et la Mécanique céleste doivent à leurs auteurs ; pour ne pas être injuste à l'excès envers Lagrange, il faudrait placer à côté de la *Mécanique analytique*, les recherches qu'il a poursuivies sur le mouvement des fluides compressibles et la théorie du son ; et l'on n'aurait de l'œuvre de Laplace qu'une idée incomplète si l'on omettait la grandiose hypothèse cosmogonique par laquelle il couronna, en 1796, son *Exposition du système du monde* ; en développant cette hypothèse, l'illustre géomètre ignorait qu'Immanuel Kant (1724-1804) eût, dès 1755, émis des suppositions analogues, mais déparées par de graves erreurs touchant les théorèmes de la Dynamique.

XXVI. La constitution de la théorie de l'électricité et du magnétisme

235. L'étude des actions électriques demeura longtemps à peine ébauchée ; au début du XVIIIe siècle, elle se trouvait encore presque en l'état où Thalès de Milet l'avait laissée ; elle se trouvait encore restait fort loin du degré où l'étude des attractions et des répulsions électriques magnétiques […] avait été portée au temps de Pierre de Maricourt. Lorsqu'en 1733 et 1734, Charles François de Cisternay du Fay (1698-1739) eut distingué deux espèces d'électricité, l'électricité résineuse et l'électricité vitrée, lorsqu'il eut

prouvé que les corps chargés d'électricités de même espèce se repoussent, tandis que les corps chargés d'électricités d'espèces différentes s'attirent, la science électrique se trouva amenée au même niveau que la science magnétique avait atteint depuis longtemps et, dès lors, ces deux sciences, unies l'une à l'autre par la plus étroite analogie, progressèrent du même pas.

236. Elles progressèrent rapidement, car l'étude des phénomènes électriques fut, au XVIII[e] siècle, l'objet d'un extrême engouement ; les physiciens n'étaient pas seuls à s'y adonner, et les gens du monde se pressaient dans les salons où des vulgarisateurs tels que l'abbé Nollet (1700-1770) prenaient pour préparateurs les principauts [sic] marquis et les sémillantes marquises. Innombrables furent les expérimentateurs qui s'attachèrent à varier les observations sur l'électricité et le magnétisme ; sans tenter une impossible énumération, bornons-nous à citer celui d'entre eux qui a le mieux plus aidé, par ses recherches logiquement conduites, à la formation des théories de l'électricité et du magnétisme ; nous avons nommé Benjamin Franklin (1706-1790). Les recherches d'Henry Cavendish (1731-1810) mériteraient d'être mises sur le même rang que celles de Franklin si elles n'étaient, en son temps, demeurées peu connues.

237. Par les expériences de Franklin et par celles qu'il y joignit, Franz Ulrich Theodor Æpinus (1724-1802) tenta le premier de résoudre le problème indiqué par Newton et de justifier, à l'aide des lois des forces attractives et répulsives, la distribution qu'affecte de l'électricité ou le du magnétisme sur les corps qu'ils affectent ; ses recherches ne pouvaient être poussées fort loin, car on ignorait encore comment ces forces dépendent de la distance à laquelle elles s'exercent. Æpinus parvint, d'ailleurs, à […] resserrer le lien déjà si étroit qui unissait la science électrique à la science du magnétisme en mettant en évidence la polarisation de chacun des élé-

ments de la lame isolante qui sépare les deux armatures du condensateur ; l'expérience qu'il fit à cet égard, en 1759, devait suggérer à Coulomb l'expérience des aimants brisés et la théorie de la polarisation magnétique, fondement de l'étude des aimants ; elle devait également servir de point de départ à toute une branche de la science électrique, à l'étude des corps diélectriques que devaient, au XIX[e] siècle, développer Michel Faraday et J. Clerk Maxwell.

238. L'analogie avec la loi si féconde de la gravitation universelle portait sans doute les physiciens à supposer que les ~~actions~~ forces électriques et magnétiques varient en raison inverse du carré de la distance qui sépare les éléments agissants ; mais à cette présomption manquait jusqu'alors le contrôle de l'expérience.

239. Ce contrôle, ~~[…]~~ Charles-Augustin Coulomb (1736-1806) le donna, en 1780, à l'aide de la balance de torsion ; l'emploi de cette balance et du corps d'épreuve lui permit, en outre, de faire au sujet de la distribution de l'électricité sur les corps conducteurs des expériences détaillées et quantitatives qui n'avaient point eu, jusque-là, d'analogues.

240. Les expériences de Coulomb ayant mis hors de doute la forme des lois élémentaires de l'électricité et du magnétisme, il restait à établir, par l'analyse mathématique, comment l'électricité se répartit sur des corps conducteurs de figure donnée, comment un morceau de fer doux s'aimante en des circonstances données. La solution de tels problèmes fut tentée par Coulomb, et aussi, en 1787, par le ~~créateur~~ législateur de la cristallographie, l'abbé René Just Haüy (1743-1822) ; ni l'un ni l'autre de ces deux auteurs ne poussa bien loin ses essais. Pour fixer les principes qui devaient permettre d'analyser la distribution de l'électricité sur les corps

conducteurs, du magnétisme sur le fer doux, il fallut le génie de Siméon-Denis Poisson (1781-1840).

241. En 1812, Poisson montrait comment la recherche de la distribution qu'affecte l'électricité en équilibre sur les corps conducteurs se ramène à un problème d'analyse ; il résolvait complètement ce problème pour le cas de deux sphères séparées qui s'influencent l'une l'autre et aussi pour le cas de deux sphères qui se touchent ; ce dernier cas avait été l'objet, de la part de ~~Pois~~ Coulomb, d'expériences qui fournissaient à la théorie de Poisson un précieux contrôle. En 1824, Poisson établissait, au sujet de conducteurs creux limités soit intérieurement, soit extérieurement, par une cavité sphérique, des théorèmes qu'en 1828, Georges Green (1793-1841) devait étendre à des conducteurs creux quelconques, et que Faraday devait, plus tard, retrouver par l'expérience.

242. De 1813 à 1824, Poisson abordait l'étude des actions magnétiques et de l'aimantation par influence ; en dépit de quelques inexactitudes que l'avenir devait corriger, les formules établies par Poisson demeurent à la base de toutes les recherches dont le magnétisme a fait l'objet depuis ce temps.

243. Grâce aux mémoires de Poisson, la théorie des forces qui s'exercent en raison inverse du carré de la distance, en conquérant le domaine de l'électricité statique et du magnétisme, avait singulièrement accru le champ que la Mécanique céleste lui avait d'abord livré. L'étude des actions exercées par le courant électrique allait ~~livrer~~ ouvrir à cette théorie une nouvelle et ~~féconde~~ opulente contrée.

244. Les découvertes d'Aloisio Galvani (1737-1798) et d'Alessandro Volta (1745-1827) avaient doté la Physique de la pile voltaïque. Rappeler, même sommairement, les recherches diverses auxquelles donna lieu le courant engendré par la pile serait ici chose

impossible ; en l'histoire si complexe de cette partie de la Physique, bornons-nous à signaler quelques points.

245. Tous les physiciens assimilaient le conducteur, siège d'un courant, à un espace où circule un fluide. Or, Euler, en ses travaux sur l'Hydrodynamique, avait établi des formules générales qui s'appliquent au mouvement de tout fluide. Imitant la méthode d'Euler, Jean-Baptiste Joseph Fourier (1768-1830) avait abordé l'étude de la circulation de la chaleur, alors regardée comme un fluide et nommé *le calorique*, au sein des corps conducteurs ; les lois mathématiques auxquelles il avait été conduit avaient mis une fois de plus en évidence l'extrême importance de [sic] méthodes mathématiques que Lagrange et Laplace avaient ~~introdui~~ inaugurées en l'étude de l'attraction universelle, qu'au même moment, Poisson étendait à l'étude de l'électrostatique. Pour traiter mathématiquement de la circulation du fluide électrique à l'intérieur des corps conducteurs, il suffisait de reprendre à-peu-près textuellement l'analyse de Fourier en substituant le mot électricité au mot chaleur ; c'est ce qu'en 1827 avait fait George Simon Ohm (1789-1854).

246. Cependant, le 21 juillet 1820, Hans Christian Oersted (1777-1851) avait découvert l'action que le courant électrique exerce sur l'aiguille aimantée. À cette découverte, André Marie Ampère (1775-1836) joignait bientôt celle des actions qu'exercent l'un sur l'autre deux conducteurs traversés par des courants électriques ; à l'étude des forces électrodynamiques et électromagnétiques, il appliquait une méthode semblable à celle que Newton avait appliquée à l'étude de l'attraction universelle ; et en 1826, il donnait la théorie complète de toutes ces forces en son *Mémoire sur la théorie mathématique des phénomènes électrodynamiques unique-*

ment déduite de l'expérience, ouvrage qui peut, sans faiblir, soutenir la comparaison avec les *Philosophiæ naturalis principia mathematica*.

247. Nous ne voulons pas pousser au-delà de cette date l'histoire de l'électricité et du magnétisme ; contentons-nous de faire, entre les deux écrits que nous venons de citer, un nouveau rapprochement ; de même que le traité de Newton a suscité, de la part des successeurs de ce grand homme, une foule de découvertes, de même le mémoire d'Ampère a été le point de départ de recherches qui ont extrêmement étendu le domaine de l'Électrodynamique et de l'Électromagnétisme.

248. ~~En 1831~~, Michael Faraday (1791-1867), expérimentateur dont l'activité, l'habileté et le bonheur n'ont, peut-être, jamais été égalés, établissait en 1831 les lois expérimentales de l'induction électrodynamique et de l'induction électromagnétique ; de 1845 à 1847, Franz Ernst Neuman [sic] (1798-1895) d'une part, Wilhelm Weber (1804-1891) d'autre part, en suivant pas à pas la méthode par laquelle Ampère avait étudié les ~~phénom~~ forces électrodynamiques, parvinrent à établir la théorie mathématique de ces phénomènes d'induction.

249. Michel Faraday était un adversaire des doctrines newtoniennes ; il lui déplaisait fort que l'on eût recours à des actions à distance ; il pensait éliminer l'emploi de telles actions lorsqu'il s'appliquait à analyser la polarisation des milieux isolants qu'il nommait *diélectriques* ; cependant, c'est en étendant aux corps diélectriques les formules que Poisson, Ampère et Franz Neumann avaient établies pour les aimants et pour les corps conducteurs, que James Clerk Maxwell (1831-1879) a pu créer une nouvelle branche de l'Électrodynamique et, par-là, ~~découvrir~~ manifeste [sic] le lien, cherché depuis si longtemps, ~~entre~~ qui unit la Science de l'électricité et l'Optique. Cette merveilleuse découverte ne fut

pas une des moindres conquêtes de la méthode définie et pratiquée par Newton.

XXVII. L'attraction moléculaire

250. Pendant que l'attraction universelle, proportionnelle au produit des masses et en raison inverse du carré de la distance, établissait son domaine en toute l'étendue de la Science des astres ; pendant que la théorie de l'électricité et du magnétisme s'organisait grâce à la considération d'autres forces, inverses, elles aussi, au carré de la distance, d'autres parties de la Physique allaient se trouver non moins vivement éclairées par une autre hypothèse de Newton ; nous voulons parler de cette supposition qu'entre deux particules matérielles s'exerce une attraction, distincte de l'attraction universelle, extrêmement puissante lorsque les deux particules sont extrêmement voisines, mais négligeable aussitôt que les deux masses qu'elle sollicite se trouvent à une distance sensible l'une de l'autre.

251. Parmi les phénomènes que de telles attractions devaient expliquer, Newton avait déjà signalé les effets de capillarité, au sujet desquels Francis Hawksbee († 1705) avait fait d'intéressantes expériences. En 1718, James Jurin (1684-1750) avait tenté, mais sans grand succès, de suivre l'idée de Newton ; c'est Clairaut qui, en 1743, montra comment les méthodes de l'Hydrostatique permettaient d'appliquer cette idée à l'explication des phénomènes capillaires ; malheureusement, ses raisonnements rigoureux ne lui fournirent aucun résultat important parce qu'il avait attribué au rayon d'activité moléculaire une valeur beaucoup trop grande.

252. Les actions chimiques étaient également de celles qui, au gré de Newton, devaient dépendre de l'attraction moléculaire. John Keill

(1671-1721), John Freind (1675-1728) et Pierre Joseph Macquer (1718-1784) furent de ceux qui crurent à la fécondité de cette pensée de Newton.

253. L'hypothèse de l'attraction moléculaire eut le don d'irriter un homme que sa médiocrité scientifique n'avait pas empêché d'acquérir une très haute autorité ; nous avons nommé Georges Louis Leclerc de Buffon (1707-1788) ; incapable de comprendre qu'une attraction pût ne pas être inversement proportionnelle au carré de la distance, Buffon ~~surtout~~ entama à ce sujet, contre Clairaut, une discussion où son ignorance bouffie d'orgueil put s'imaginer qu'elle avait en raison de la science modeste de son adversaire.

254. Les idées que Buffon avait attaquées et que Clairaut avait défendues furent ~~[…]~~ exposées avec une rare ampleur par le P. Ruggiero Giuseppe Boscovich (1711-1787). S'inspirant à la fois des pensées de Newton et de celles de Leibniz, ce savant jésuite conçut une Cosmologie en laquelle l'Univers est uniquement composé de points matériels ; deux à deux, ces points matériels s'attirent ; lorsque leur distance est notable, leur attraction se réduit sensiblement à l'attraction universelle ; à toute petite distance, des termes qui étaient négligeables au cas précédent, prennent, au contraire, une importance dominante.

255. La Cosmologie de Boscovich traçait à la théorie physique un programme que les géomètres de la fin du XVIIIe siècle et d'une grande partie du XIXe siècle allaient s'efforcer de remplir.

256. Les essais de Johann Andreas von Segner (1704-1777), puis de Thomas Young (1773-1829) avaient de nouveau attiré l'attention sur les phénomènes capillaires ; à l'aide de l'hypothèse de l'attraction moléculaire et de la méthode suivie par Clairaut, Laplace en donna, en 1806 et en 1807, une théorie extrêmement

belle dont, en 1829, Carl Friedrich Gauss (1777-1855) trouva moyen d'accroître encore l'élégance.

257. Partisan convaincu de la doctrine cosmologique de Boscovich, Laplace communiqua sa conviction aux nombreux géomètres qui subissaient l'ascendant de son génie ; parmi ceux-ci, bornons-nous à citer Claude Louis Marie Henry Navier (1785-1836), Poisson, et Augustin Louis Cauchy (1789-1857) ; en développant les conséquences de l'hypothèse de l'attraction moléculaire, Navier, Poisson et Cauchy parvinrent à construire la théorie de l'équilibre et des petits mouvements des corps élastiques, l'une des plus belles et des plus fécondes ~~[…]~~ de la Physique moderne. La défaveur où les progrès de la Thermodynamique ont, de nos jours, entraîné la Cosmologie de Boscovich n'a, d'ailleurs, presque rien ruiné de ce que Laplace, Gauss, Navier, Poisson, Cauchy et beaucoup d'autres avaient tiré des principes de cette Cosmologie ; ç'a été presque toujours besogne fort aisée que de justifier, à l'aide des méthodes nouvelles, les théories qu'ils avaient établies ; la ~~méthode~~ voie qu'il fallait suivre pour obtenir cette justification avait été indiquée par Cauchy lui-même et par George Green.

258. Beaucoup de chimistes tentèrent, après Macquer, de débrouiller, à l'aide de l'hypothèse de l'attraction moléculaire, les lois des réactions qu'ils étudiaient ; parmi eux, nous pouvons citer Torbern Bergmann (1735-1784) et, surtout, Claude Louis Berthollet (1748-1822) ; lorsqu'en 1803, celui-ci donna sa *Statique chimique*, il put croire que la ~~théorie~~ science des équilibres chimiques, soumise enfin à la méthode de Newton, avait ~~enfin~~ trouvé sa véritable voie ; elle ne devait cependant y entrer que beaucoup plus tard, guidée par des préceptes tout différents que la Thermodynamique ~~avait~~ aurait alors formulé.

XXVIII. La renaissance de la théorie ondulatoire de la lumière

259. La théorie émissioniste de la lumière avait donné à Newton l'occasion de ~~mettre~~ concevoir l'hypothèse de l'attraction moléculaire ; au temps de Laplace, elle sembla fournir à cette hypothèse l'occasion d'un nouveau succès ; elle permit, en effet, au grand géomètre de retrouver, dans le système de l'émission, les lois de la double réfraction du spath d'Islande qu'Huygens avait découvertes en usant de la théorie ondulatoire. Par-là, l'Optique de Newton paraissait enlever à l'Optique d'Huygens le seul avantage dont celui-ci pût se prévaloir.

260. Mais au moment même où cette découverte de Laplace semblait assurer le triomphe du système de l'émission, le système des ondulations allait remporter de nouvelles et éclatantes victoires ; ces victoires lui furent assurées surtout par Thomas Young et par le génial Augustin Jean Fresnel (1788-1827).

261. De 1801 à 1803, Young fit les mémorables découvertes qui provoquèrent ~~la~~ cette renaissance de l'Optique ondulatoire ; l'assimilation de l'éther qui vibre en un rayon de lumière à l'air qui vibre en un tuyau sonore le conduisit à expliquer les franges alternativement claires et obscures qui se montrent en un lieu éclairé par deux faisceaux identiques et peu inclinés l'un sur l'autre ; le principe des interférences, ainsi justifié, lui permit de rattacher à la théorie ondulatoire l'explication des couleurs des lames minces, que Newton avait demandée aux accès de facile réflexion et de facile transmission des particules de la lumière.

262. Combinant ce principe des interférences avec ~~[…]~~ les méthodes inaugurées par Huygens, Fresnel aborda, en 1815, la théorie des phénomènes de diffraction par le P. Francesco Maria Grimaldi (1618-1663) avait découverts et qui, pour tous les opticiens, demeuraient un mystère ; les essais de Fresnel touchant l'explication

de ces phénomènes aboutirent, en 1818, à la rédaction d'un mémoire où se marquent au plus haut degré le caractère essentiel du génie de Fresnel ; Une puissance étrange de divination qui s'affranchit de toutes les règles du raisonnement déductif ; cette divination découvre, ~~[…]~~ par ses déconcertantes démarches, des formules fort compliquées que l'expérience vérifie dans leurs moindres détails, en attendant que, longtemps après, les mathématiciens parviennent à les justifier d'une manière logique ; jamais ~~[…]~~ physicien n'a conquis de vérités plus importantes ni plus imprévues, et cependant, jamais physicien n'a suivi une méthode plus capable de ~~jeter~~ précipiter dans l'erreur une intelligence commune.

263. En un rayon lumineux, la vibration de l'éther avait été, jusque-là, supposée longitudinale comme elle l'est en l'air d'un tuyau sonore. En 1808, Étienne Louis Malus (1775-1812) avait découvert la polarisation que la lumière acquiert en se réfléchissant sur le verre ; en 1817, Young, méditant sur ce phénomène, avait été conduit à la supposition que les vibrations lumineuses sont normales au rayon qui les transmet ; Fresnel qui, de son côté, avait conçu la même pensée, imagina une expérience qu'il réalisa en 1816 avec la collaboration de François Arago (1786-1853) ; cette expérience mettait hors de doute la transversalité des vibrations lumineuses.

264. L'hypothèse de la transversalité des vibrations fut, pour Fresnel, comme la clé qui lui allait ouvrir tous les secrets de l'Optique ; aussi voyons-nous, de sa part, les découvertes se produire avec une étrange rapidité, du jour où il eut adopté cette hypothèse. Bornons-nous ~~à mentionner~~, parmi ces découvertes, à en signaler deux ~~parti~~ qui sont de particulière importance.

265. Nous mentionnerons, en premier lieu, la théorie complète des phénomènes de polarisation qui accompagnent la réflexion ou la réfraction de la lumière à la surface de contact de deux milieux isotropes ; les particularités qui accompagnent la réflexion totale fournirent à Fresnel l'occasion de montrer, de la manière la plus saisissante, son étrange pouvoir de divination, véritable défi jeté à la Logique.

266. Cette divination, insoucieuse des règles du raisonnement déductif, ne fut pas moins puissante en la […] découverte dont il nous reste à parler et qui est, peut-être, la plus admirable de toutes celles que Fresnel a faites ; tandis que Huygens, en étudiant la double réfraction, s'était borné à déterminer la direction des rayons lumineux au sein des cristaux que nous nommons aujourd'hui uniaxes, Fresnel sans parvenir réussir à rendre compte de la polarisation de ces rayons, Fresnel parvenait à donner la forme géométrique la plus élégante, à l'aide de la surface d'onde, à la loi de la réfraction des rayons au sein des cristaux biaxes, et à formuler les règles selon lesquelles les rayons se polarisent au sein de tous les cristaux, tant uniaxes que biaxes.

267. Toutes ces merveilleuses découvertes ruinaient la théorie de l'émission ; mais il s'en faut bien que l'hypothèse de l'attraction moléculaire s'en trouvât diminuée. Fresnel, en effet, voulait trouver en l'élasticité de l'éther qui transmet les vibrations lumineuses l'explication de toutes les lois d'Optique qu'il avait devinées et vérifiées par l'expérience, trop peu et cette élasticité de l'éther, il en demandait l'explication et les lois aux attractions qu'il imaginait entre les particules très voisines de ce fluide. Trop peu mathématicien et trop peu mécanicien pour pousser bien loin l'analyse d'un tel problème, il le laissa à résoudre à ses successeurs ; à cette tâche, définie par Fresnel, Cauchy consacra les plus puis-

sants efforts de son génie d'algébriste ; grâce à cet élève de Laplace, la Physique newtonienne de l'attraction moléculaire devint l'auxiliaire active et convaincue de l'Optique ondulatoire.

268. Tous les Newtoniens ne furent pas, comme Cauchy, ravis par les découvertes de Fresnel. Jamais Arago ne put admettre la transversalité des vibrations lumineuses, bien qu'il eût été le collaborateur de Fresnel en l'exécution de l'expérience qui prouvait cette transversalité. Jean Baptiste Biot (1774-1862) dont les recherches expérimentales, nombreuses et habiles, avaient fourni à l'Optique nouvelle de précieux matériaux, demeura fermement attaché au système de l'émission, suivant lequel il s'efforçait d'expliquer tous les phénomènes que Fresnel avait découverts et expliqués à l'aide du système des ondulations. Pour que Biot consentît enfin à se tenir pour battu et à regarder le système de l'émission comme condamné, il fallut qu'en 1850, Léon Foucault (1819-1868) prouvât, par une expérience mémorable, cette proposition : la lumière se propage plus vite dans l'air que dans l'eau.

XXIX. Les théories de la chaleur

269. La notion de quantité de chaleur, l'invention du calorimètre, destiné à mesurer la quantité de chaleur dégagée ou absorbée par un corps en des circonstances données sont dues à Joseph Black (1728-1799) et à Adair Crawford (1749-1795) ; en joignant la calorimétrie à la thermométrie, ces deux physiciens ont véritablement créé la Science de la chaleur ; cette science n'était, pour ainsi dire, pas née tant que l'on en était réduit à comparer des températures.

270. Pour Newton aussi bien que pour Descartes, la chaleur consistait en une très vive agitation des plus petites parties des corps ; en

montrant qu'une certaine quantité de chaleur devient latente est fournie à la glace qui fond sans en élever la température, que cette chaleur demeure donc « à l'état latent », en l'eau provenant de la fusion, qu'elle redevient manifeste lorsque cette eau repasse à l'état de glace, les expériences de Black et de Crawford conduisirent les physiciens à changer d'opinion touchant la nature de la chaleur ; ils y virent un certain fluide qui se combine aux autres matières alors que la chaleur devient latente passe à l'état latent, et qui s'en sépare alors que la chaleur redevient libre ; en la nomenclature nouvelle qui consacra la révolution chimique accomplie par Antoine Laurent Lavoisier (1743-1794), ce fluide impondérable fut mis au nombre des corps simples et nommé *calorique*.

271. L'air s'échauffe quand on le comprime ; il se refroidit lorsqu'il se raréfie sous le récipient de la machine pneumatique ; de cette expérience déjà ancienne, Johann Heinrich Lambert (1728-1777), Horace Benedict de Saussure (1740-1779) et John Dalton (1766-1844) avaient reconnu l'importance ; mais c'est grâce à Laplace que cette apparence apparut pleinement.

272. À Laplace, cette expérience prouve que une masse d'air, à une température donnée, contient une quantité de calorique d'autant plus grande que son volume est lui-même plus grand ; si l'on admet l'exactitude de la loi de compressibilité énoncée par Boyle et par Mariotte ; cette quantité de calorique combinée à une masse donné d'air dont la température est donnée est proportionnelle au volume que cet air occupe. Dès 1803, Laplace formule ces propositions en une courte note qu'insère la *Statique chimique* de Berthollet ; pour vérifier les conséquences que Laplace en déduit touchant la dilatation des gaz, le préparateur qui, à Arcueil, seconde Berthollet, Louis Joseph Gay-Lussac (1778-1850) entreprend ses recherches sur la dilatation des gaz et, en 1807, sur les variations de température qui se produisent lorsqu'un gaz, qui

~~remplit~~ contenu en un récipient, se répand en un autre récipient vide au préalable.

273. Les vues de Laplace entraînent un corollaire évident ; pour élever d'un certain nombre de degrés la température d'un gaz maintenu sous un volume invariable, il faut lui communiquer moins de calorique que si ce gaz se dilatait sous une pression invariable ; un gaz admet donc deux chaleurs spécifiques distinctes selon qu'on l'échauffe sous volume constant ou sous pression constante ; en cette circonstance-ci, la chaleur spécifique est plus grande qu'en celle-là.

274. Par ces remarques, l'étude des chaleurs spécifiques des gaz était signalée comme une des plus importantes que les expérimentateurs pussent aborder ; cette étude fut mise au concours par l'Institut ; ce concours provoqua la composition de deux mémoires importants ; en l'un, dû à Delaroche et Bérard, les chaleurs spécifiques sous pression constante de divers gaz étaient mesurées ; en l'autre, qui avait pour auteurs Desormes et Clément, et qui fut publié en 1812, on déterminait l'échauffement qu'une compression donnée détermine en une certaine masse d'air.

275. Des expériences de Desormes et Clément, Laplace put déduire le rapport que la chaleur spécifique sous pression constante a, en l'air, à la chaleur spécifique sous volume constant ; par-là, il lui fut possible de soumettre au contrôle de l'expérience les idées qu'il s'était formées sur la propagation du son.

276. En appliquant à l'air la loi de compressibilité découverte par Boyle, Newton avait tenté de calculer la vitesse de propagation du son au sein de ce fluide ; la formule qu'il avait établie fournissait des valeurs très inférieures à celles que donnait la détermination expérimentale. Déjà, Lagrange avait montré que l'on pourrait

faire disparaître ce désaccord en modifiant la loi de compressibilité donnée par Boyle ; mais quelle […] raison justifie cette modification ? C'est ce que Lagrange n'avait point dit et ce que Laplace découvrit. Lorsque le son se propage dans l'air par une alternance de condensations et de dilatations, la température en chaque point, au lieu de demeurer invariable comme l'exige la théorie le suppose la loi de Boyle, s'élève et s'abaisse alternativement autour d'une valeur moyenne ; il en résulte que la vitesse du son n'est plus exprimée par la formule que Newton avait donnée ; cette formule doit être multipliée par la racine carrée du rapport de la chaleur spécifique sous pression constante à la chaleur spécifique sous volume constant.

277. Dès 1803, la note de la *Statique chimique* en fait foi, Laplace était en possession de cette pensée ; en 1807, son disciple Poisson en développait les conséquences ; en 1816, Laplace publiait sa nouvelle formule ; de nouvelles expériences de Desormes et Clément, des expériences analogues de Gay-Lussac et Welter lui fournissaient des valeurs assez exactes du rapport des chaleurs spécifiques des gaz ; le grand géomètre pouvait, dès lors, comparer le résultat que donnait sa formule à celui que fournissait la détermination directe de la vitesse du son ; celui-ci était en mètres par seconde, représenté par le nombre 340,889 ; celui-là par le nombre 337,715. Un tel accord semblait paraissait être une bien puissante confirmation de l'hypothèse du calorique et de la théorie des actions moléculaires, grâce auxquelles il avait été obtenu. Laplace, semble-t-il, était en droit d'écrire :

278. « Les phénomènes de l'expansion de la chaleur et des vibrations des gaz sont ramenés à des forces attractives et répulsives qui ne sont sensibles qu'à des distances imperceptibles. Dans ma théorie de l'action capillaire, j'ai ramené à de semblables forces les effets de la capillarité. Tous les phénomènes terrestres dépendent de ce genre de forces, comme les phénomènes célestes dépendent de la

gravitation universelle. La considération de ces forces me paraît être maintenant le principal objet de la Philosophie mathématique ».

279. Ces lignes étaient écrites en 1823.

280. En 1824, une vérité nouvelle était formulée ; de cette vérité procéderait, un jour, une doctrine qui bouleverserait profondément la Philosophie naturelle conçue par Newton et par Boscovich, développée par Laplace et par ses disciples. Cependant, c'est encore à la théorie du calorique que l'auteur de cette ~~[…]~~ vérité, Sadi Carnot (1796-1832), rattachait ses raisonnements. Il s'était proposé d'étendre aux machines à feu le principe de l'impossibilité du mouvement perpétuel, admis pour les machines de température invariable ; il fut conduit à cette proposition : Pour qu'une certaine quantité de calorique produise du travail dans le sens où l'industrie humaine a besoin qu'il soit produit, il faut que ce calorique passe d'un corps chaud à un corps froid ; lorsque la quantité de calorique est donnée, ainsi que les températures auxquelles ces deux corps sont portés, le travail utile produit admet une limite supérieure indépendante de la nature des substances qui transportent le calorique et de l'artifice grâce auquel le transport s'effectue~~nt~~.

281. Au moment où Sadi Carnot formulait cette féconde vérité, on sentait déjà branler les fondements de la théorie du calorique.

282. Depuis que des sauvages avaient allumé du feu en frottant deux morceaux de bois l'un contre l'autre, on connaissait la chaleur engendrée par le frottement. Comment expliquer, dans l'hypothèse du calorique, cette génération de chaleur ? Le frottement permet de tirer de deux corps de grandes quantités de calorique et de retrouver ces corps, après l'expérience, dans le même état qu'avant,

partant aussi riches en calorique qu'avant ; d'où provient donc le calorique dégagé ?

283. Dès 1783, Lavoisier et Laplace, qui allaient devenir, cependant, les plus fermes champions de la théorie du calorique, se montraient soucieux de cette difficulté ; elle attira davantage encore l'attention des physiciens lorsqu'en 1798, Benjamin Thompson de Rumford (1753-1814) eut effectué des expériences précises sur la chaleur que peut dégager le frottement, lorsqu'en 1799, Sir Humphry Davy (1778-1829) eut répété des expériences analogues ; en 1803, à côté des notes où Laplace annonçait quelques-unes des plus belles conquêtes de la doctrine du calorique, Berthollet, en sa *Statique chimique*, rendait compte des expériences de Rumford, en essayant en vain de les concilier avec l'opinion régnante.

284. Or, ces expériences, incompatibles avec l'hypothèse qui fait de la chaleur un fluide contenu, en quantité déterminée, au sein de chaque corps déterminé de nature et d'état, ramenait les esprits à la supposition qui avait été celle de Descartes et de Newton, à la supposition que la chaleur est une agitation très vive des petites parties des corps. C'est en faveur de cette supposition que Rumford et Davy concluaient, en discutant leurs expériences.

285. Cependant, dans les dernières années de sa courte vie, Sadi Carnot jette sur le papier quelques notes qui seront publiées seulement en 1878 ; en ces notes, il répudie la théorie du calorique, incompatible avec les expériences de Rumford. « La chaleur, ajoute-t-il, est donc le résultat d'un mouvement. ~~Un mouvement~~ Alors il est tout simple qu'elle puisse se produire par la consommation de puissance motrice et qu'elle puisse produire cette puissance. Partout où il y a destruction de puissance motrice, il y a, en même temps production de chaleur en quantité précisément pro-

portionnelle à la quantité de puissance motrice détruite. Réciproquement, partout où il y a destruction de chaleur, il y a production de puissance motrice. »

286. Pour déterminer ce coefficient de proportionnalité entre la puissance motrice détruite et la quantité de chaleur dégagée, cet *équivalent mécanique de la chaleur*, il faut reprendre des expériences, analogues à celles de Rumford, dont Carnot trace le plan ; puis, de cette quantité, il donne une valeur assez exacte, sans dire comment il l'a obtenue.

287. Dix ans après la mort de Carnot, en 1842, Robert Mayer (1814-1878) retrouvait le principe de l'équivalence entre la chaleur et le travail ; il montrait comment la différence des deux chaleurs spécifiques d'un gaz une fois connue, il était possible de calculer l'équivalent mécanique de la chaleur ; la valeur qu'il obtenait ainsi différait fort peu de celle que Sadi Carnot avait trouvée, sans doute par la même voie.

288. Fort peu lu, le travail génial de Robert Mayer n'exerça guère, sur les progrès de la théorie de la chaleur, plus d'influence que les notes inédites de Sadi Carnot. Mais en 1843, James Prescott Joule (1818-1889) retrouvait, à son tour, le principe de l'équivalence de la chaleur et du travail ; pour déterminer la valeur de l'équivalent mécanique de la chaleur, il réalisait, avec une précision admirable, ~~[…]~~ plusieurs des expériences que Sadi Carnot avait, en ses notes, demandé que l'on fît.

289. L'œuvre de Joule donna à la nouvelle théorie de la chaleur une impulsion dont l'effet ne s'est plus arrêté. En 1849, William Thomson, le futur lord Kelvin (1824-1907) marque la nécessité d'accorder le principe de Sadi Carnot, encore lié à l'hypothèse du calorique, avec le ~~[…]~~ principe, désormais incontestable, de l'équivalence entre la chaleur et le travail ; en 1850, Rudolph

Clausius (1822-1888) accomplit la besogne que William Thomson n'avait osé mener à bien ; la Thermodynamique est fondée.

290. En 1847, Hermann Helmholtz (1821-1897) publiait son opuscule : *Ueber die Erhaltung der Kraft* ; il montrait comment le ~~[…]~~ principe de l'équivalence entre la chaleur et le travail reliait entre elles non seulement la Mécanique et la théorie de la chaleur, mais encore l'étude des réactions chimiques, de l'électricité et du magnétisme ; c'était tout un nouveau programme que la Physique allait s'efforcer de remplir. Des efforts poursuivis vers ce but nous ne retracerons pas l'histoire ; inachevés encore, ils ne se laissent pas juger par ceux-là même qui y consacrent leur activité.

Bordeaux, 24 juin 1910

P. Duhem

Sommaire

siècle. — XVII. *L'œuvre de Galilée*. — XVIII. *Les premiers essais de Mécanique céleste. William Gilbert. Johann Kepler*. — XIX. *La querelle de la Géostatique*. — XX. *L'œuvre de René Descartes*. — XXI. *Les progrès de la Physique expérimentale*. — XXII. *La théorie ondulatoire de la lumière*. — XXIII. *La constitution de la Dynamique*. — XXIV. *L'œuvre de Newton*. — XXV. *Les progrès de la Mécanique générale et de la Mécanique céleste au XVIIIe siècle*. — XXVI. *La constitution de la théorie de l'électricité et du magnétisme*. — XXVII. *L'attraction moléculaire*. — XXVIII. *La renaissance de la théorie ondulatoire de la lumière*. — XXIX. *Les théories de la chaleur*.

Bibliographie

ALMAGIÀ, *La dottrina della marea nell' antichità classica et nel medio eno*, taken from *Memorie della Reale Accademia dei Lincei* (Rome, 1905) ; CAVERNI, *Storia del metodo sperimentale in Italia* (Florence, 1891-8) ; DUHEM, *Les théories de la Chaleur* in *Revue des Deux Mondes* (1895), CXXIX, 869 ; CXXX, 380, 851 ; IDEM, *L'évolution de la Mécanique* (Paris, 1903) ; IDEM, *Les origines de la Statique* (2 vols., Paris, 1905-6) ; IDEM, *Études sur Léonard de Vinci, ceux qu'il a lus et ceux qui l'ont lu* (2 vols., Paris, 1906-9) ; IDEM, *La théorie physique, son objet et sa structure* (Paris, 1906) ; IDEM, *Σῴζειν τὰ φαινόμενα. Essai sur la notation* [sic] *de Théorie physique de Platon à Galilée* (Paris, 1908) ; DÜHRING, *Kritische Gesch. d. allg. Mechanik* (2nd ed., Leipzig, 1877) ; HELLER, *Gesch. d. Physik v. Aristoteles bis auf d. neueste Zeit* (2 vols., Stuttgart, 1882-4) ; HELLMANN, *Neudrucke von Schriften u. Karten über Meteorologie u. Erdmagnetisnus* (15 vols., Berlin, 1893-1904) ; JOUGUET, *Lectures de Mécanique, La Mécanique enseignée par les auteurs originaux* (2 vols., Paris, 1908-9) ; KLEIN, *D. Principien d. Mechanik, historisch u. kritisch dargestellt* (Leipzig, 1872) ; LASSWITZ, *Gesch. d. Atomistik vom Mittelalter bis Newton* (2

vols., Hamburg and Leipzig, 1890) ; Libri, *Hist. des Sciences mathématiques en Italie, depuis la Renaissance des Lettres jusqu'à la fin du XVII*^{e} *siècle* (4 vols., Paris, 1838-41) ; Mach, *D. Mechanik in ihrer Entwickelung, histor.-kritisch dargestellt* (6th ed., Leipzig, 1908) ; Pascal, *Œuvres*, ed. Brunschvicg and Boutroux (3 vols., Paris, 1908) ; Rouse Ball, *An Essay on Newton's Principia* (London and New York, 1893) ; *Mémoires sur l'Électrodynamique* in *Collection de Mémoires publiés par la Société française de Physique*, II-III (Paris, 1885-7) ; Sue Aine, *Hist. du Galvanisme et analyse des différens* [sic] *ouvrages publiés sur cette découverte, depuis son origine jusqu'à nos jours* (4 vols., Paris), an X (1802) - an XIII (1803) ; Thirion, *Pascal, l'horreur du vide et la pression atmosphérique* in *Revue des Quest. scien.*, 3rd series ; xii (1907), 384 ; xiii (1908), 149 ; xv (1909), 149 ; Thurot, *Recherches histor. sur le Principe d'Archimède* in *Revue Archéologique* (new series, Paris), xviii (1868), 389 ; xix (1869), 42 ; iii, 284, 345 ; xx (1869), 14 ; Todhunter, *A Hist. of Mathematical Theories of Attraction and the Figure of the Earth from time of Newton to that of Laplace* (2 vols., London, 1873) ; Todhunter and Pearson, *A Hist. of the Theory of Elasticity* (2 vols., Cambridge, 1886-93) ; Venturi, *Commentari sopra la Storica e le Teorie dell' Ottica* (Bologna, 1814) ; Verdet, *Introduction aux Œuvres d'Augustin Fresnel*, I (Paris, 1866-70), pp. ix-xcix ; Weidemann, *D. Lehre v. d. Elektricität*, 2nd ed. (3 vols., Brunswick, 1893-5) ; Wohlwill, *D. Entdeckung d. Beharrungsgesetzes* in *Zeitschrift f. Völkerpsychologie u. Sprachwissenschaft* (Berlin), xiv (1883), 365 ; xv (1884), 70, 337 ; Idem, *Galilei u. sein Kampf f. d. Copernicanische Lehre* (Hamburg and Leipzig, 1909).

Présentation des auteurs

Souad Ben Ali, agrégée et docteur en « philosophie, épistémologie et histoire des sciences », est maître-assistante à la Faculté des lettres et des sciences humaines de Kairouan en Tunisie. Elle est titulaire d'une thèse de doctorat en épistémologie (2012), dans le cadre d'une cotutelle entre Paris X et l'Université de Tunis, intitulé *Le concept de la théorie physique chez Pierre Duhem : genèse et structure* et codirigée par Jean Seidengart et Hmaid Ben Aziza.

Stefano Bordoni a obtenu une maîtrise en physique théorique (Université de Bologne, 1981), un doctorat en histoire de la science (Université de Pise, 2007), un doctorat en anthropologie et épistémologie de la complexité (Université de Bergame, 2011) et un doctorat en philosophie (Université d'Urbin, 2014). Ensuite, il a obtenu la qualification de maître de conférences en « Logique, philosophie et histoire de la science ». Il a donné des cours de « Mathématiques », « Histoire de la physique », « Histoire de la science » et « Philosophie de la science » aux Universités de Pavie, d'Udine, de Bologne et d'Urbin. Son champ spécifique de recherche est la naissance de la physique théorique et l'émergence d'histoires et de philosophies de la science très sophistiquées au cours de la deuxième moitié du XIX[e] siècle. Il a récemment publié : *Una indagine sullo stato dell'etere : un ragazzo tedesco interroga la fisica di fine Ottocento* (Université de Pavie, 2005) ; *Crossing the boundaries between matter and energy : Integration between discrete and continuous theoretical models in late nineteenth century British electromagnetism* (Université de Pavie, 2005), *Taming complexity : Duhem's third pathway to Thermodynamics* (Editrice Montefeltro, 2012) et enfin *When historiography met epistemology : Sophisticated histories and philosophies of science in French-speaking countries in the second half of the nineteenth century* (Brill, 2017, sous presses).

Mirella Fortino enseigne la philosophie et l'histoire au Liceo Scientifico Statale « E. Fermi » de Cosenza (Italie). Ses intérêts d'étude concernent en particulier la réflexion critique sur la science élaborée aux XIX[e] et XX[e] siècles. Elle a publié des articles, des essais, et des volumes parmi lesquels nous mentionnerons : *Convenzione e razionalità scientifica in Henri Poincaré* (1997) ; *Essere, apparire e interpretare : Saggio sul pensiero di Duhem, 1861-1916* (2005) ; *Tra esperimento e ragione : Storia del pensiero scientifico fra Ottocento e Novecento* (2008) ; *L'Aufklärung del XX secolo: origini storiche ed epistemologia del Circolo di Vienna* (2012). Elle a édité le volume collectif *Pierre Duhem : Verità, ragione e*

metodo. 1916-2016 (sous presses). Elle est membre de diverses sociétés scientifiques nationales et internationales.

Fábio Rodrigo Leite est bachelier (2003), master (2007) et docteur (2012) en philosophie de l'Université de São Paulo, institution au sein de laquelle il développe des études de post-doctorat après avoir enseigné dans des établissements brésiliens d'enseignement supérieur privés et publics. Ses recherches concernent en particulier la philosophie et l'histoire des sciences de Pierre Duhem, auteur auquel il a consacré une série d'articles en portugais, espagnol, anglais et, maintenant, français. Il a dirigé et traduit partiellement un volume en portugais – *Ensaios escolhidos de filosofia da ciência* – contenant des textes duhémiens (São Paulo: Associação Filosófica Scientiae Studia / Editora 34, sous presse). Actuellement, ses centres d'intérêt portent sur les origines du conventionnalisme scientifique européen de la fin du XIXe siècle.

Lucas Roumengous est étudiant en master de Philosophie et histoire des sciences fondamentales à l'Université Aix-Marseille. Il a rédigé, lors de sa première année, un mémoire intitulé *L'articulation entre la physique et la métaphysique chez Pierre Duhem* et travaille actuellement à son second mémoire : *Science et connaissance de la réalité : les approches de Meyerson et Duhem*.

Jean Seidengart est professeur émérite de philosophie à l'Université Paris Ouest-Nanterre-La Défense où il enseigne les métaphysiques de l'âge classique, la philosophie des sciences et l'histoire des sciences. Une part importante de ses recherches porte sur la philosophie de Kant et des penseurs néo-kantiens (Lange, Jonas Cohn, Cohen, Natorp et Cassirer), mais il consacre l'essentiel de ses travaux à l'histoire de la pensée cosmologique (astronomie et physique) dans sa relation à la science et à la métaphysique. Il a récemment publié : *La théorie de la relativité d'Einstein* d'Ernst Cassirer (1921), traduction et introduction, Paris, Cerf, 2000, collection « Passages » ; *Dieu, l'Univers et la sphère infinie : penser l'infinité cosmique à l'aube de la science classique*, Paris, Albin Michel, 2006, collection « Bibliothèque des Idées » ; *Sciences et philosophie de la culture chez Ernst Cassirer*, ouvrage collectif, Paris, J. Vrin, 2013, collection « L'art du Comprendre » ; *Vérité scientifique et vérité philosophique dans l'œuvre d'Alexandre Koyré suivi d'un inédit sur Galilée*, ouvrage collectif, Paris, Belles Lettres, 2016, collection « L'Âne d'Or ».

Jean-François Stoffel est docteur en philosophie des sciences (Louvain-la-Neuve, 1998) et docteur en histoire des sciences (Paris, 2003). Maître-assistant au Département paramédical de Montignies de la Haute école de Louvain-en-

Hainaut, il est également professeur de cosmologie et d'histoire de la philosophie à la Faculté de théologie de la Compagnie de Jésus à Bruxelles (I.E.T). Ses recherches portent, d'une part, sur Pierre Duhem et, d'autre part, sur l'histoire de la cosmologie, en particulier les conséquences anthropologiques de la révolution copernicienne. Il a récemment publié : *Bibliographie d'Alexandre Koyré*, Firenze, Olschki, 2000 ; *Les « enfants naturels » de Descartes : actes du colloque commémoratif du quatrième centenaire de la naissance de René Descartes*, ouvrage collectif édité avec Patricia Radelet-de Grave, Turnhout, Brepols, 2000 ; *Le phénoménalisme problématique de Pierre Duhem*, Bruxelles, Académie royale de Belgique, 2002 ; *Le Père Henri Bosmans sj (1852-1928), historien des mathématiques*, ouvrage collectif édité avec Michel Hermans, Bruxelles, Académie royale de Belgique, 2010 ; enfin, il s'apprête à publier, sous le titre *Pierre Duhem, ses doctorants, et la thèse Duhem-Quine : bibliographie*, une nouvelle édition de sa bibliographie duhémienne de 1996.

Table des matières

Pierre Duhem, cent ans plus tard

Annexes